Revista Brasileira de Geografia Física

Homepage: <https://periodicos.ufpe.br/revistas/rbgfe>

Determinação da qualidade da água de um rio tropical sob a perspectiva do uso

Adriana Tiemi Ramos Okumura, Allison Gonçalves Da Silva, Nadson Ressayé Simões Da Silva, Elfany Reis Do Nascimento Lopes, Reinaldo Brandi Abreu Bifano, Raquel Viana Quilenato Viana Quilenato. UFSB/IFBA. okumuratiemi@gmail.com (autor correspondente)

Artigo recebido em 21/01/2020 e aceito em 08/06/2020

RESUMO

A água tem o papel fundamental para o desenvolvimento econômico de uma nação, além de ser essencial para a vida de todos os seres vivos. No entanto, atividades antrópicas, como o uso do solo, têm causado alterações na qualidade desse recurso. Diante disso, este estudo avaliou a variabilidade espacial e sazonal dos parâmetros físico-químicos, biológicos e microbiológicos, bem como, as possíveis relações entre os padrões do uso do solo e cobertura vegetal na Bacia do Rio dos Frades – BA. Para isso foram realizadas 4 campanhas, agosto/2018, abril, julho e outubro/2019, onde foram analisados, de acordo com o Standard Methods, os parâmetros sólidos totais (ST) e dissolvidos (SDT), salinidade, condutividade, cloreto, coliformes totais e termotolerantes, turbidez, oxigênio dissolvido (OD), demanda bioquímica de oxigênio (DBO), fósforo total, nitrogênio total, amônia, nitrito, nitrato, fósforo dissolvido, pH, clorofila -a e temperatura, sendo analisados posteriormente segundo a resolução CONAMA 357/2005. Já as análises de uso do solo e cobertura vegetal, foram realizadas utilizando os softwares QGIS. Com os resultados obtidos observou-se que os parâmetros OD, pH e DBO ficaram em desacordo com o preconizado pela legislação, devido ao uso e ocupação do solo sem o devido acompanhamento de infraestrutura básica. As análises multivariadas, realizadas no software PAST, apresentaram comportamentos distintos de acordo com a precipitação, onde a série nitrogenada se correlacionou com o período chuvoso e a turbidez com o período seco. A análise de uso e ocupação do solo, revelou forte pressão antrópica sofrida pelo rio, causada principalmente pela agropecuária.

Palavras-chave: Rio dos Frades, Recursos Hídricos, Sistema de informações Geográficas, Bacias Hidrográficas

Water quality assessment of a tropical river from a soil usage and vegetation cover perspective

ABSTRACT

Water plays a fundamental role in the economic development of a nation, besides being essential for the life of all living beings. However, anthropic activities, such as land use, have caused changes in the quality of this resource. Therefore, this study evaluated the spatial and seasonal variation of the physical-chemical, biological and microbiological factors, as well as the possible relationships between the patterns of land use and vegetation cover in the Rio dos Frades Basin - BA. For this, four campaigns were carried out, August / 2018, April, July and October / 2019, where they were analyzed, according to the *Standard Methods*, the total and dissolved solid parameters, salinity, conductivity, chloride, total and thermotolerant coliforms, turbidity, dissolved oxygen, biochemical oxygen demand (BOD), total phosphorus, total nitrogen, ammonia, nitrite, nitrate, dissolved phosphorus, pH, chlorophyll-a and temperature, and subsequently analyzed according to CONAMA resolution 357/2005. As for analysis of land use and vegetation cover and its correlation, the software QGIS and PAST were used. With the obtained results, if the parameters OD, pH and BOD were at odds with what is recommended by the legislation, due to the use and occupation of the soil without the monitoring of basic infrastructure. Multivariate analyzes showed different behaviors according to precipitation where the nitrogen series is correlated with the rainy season and turbidity with the dry season. Analysis of land use and occupation, revealed strong anthropic pressure suffered by the river, caused mainly by agriculture.

Keywords: Rio dos Frades, Water Resources, Geographic Information System, River Basins

Introdução

Os corpos hídricos no geral possuem papel fundamental no crescimento da economia de uma nação, além de fornecer água para as atividades essenciais dos seres humanos. No entanto, as atividades humanas realizadas no seu entorno têm provocado significativa queda na qualidade da água e na biodiversidade, decorrente das alterações do ambiente físico, químico e biológico (Saltos et al, 2017; Dutta, Dwivedi, e Suresh Kumar, 2018). Incluindo as intensas atividades agrícolas e urbanização (Liu, Shen, e Chen, 2018).

Diante desse cenário, diversos estudos têm demonstrado uma relação direta entre uso do solo e cobertura vegetal e as variações na qualidade da água. Freire e Castro, (2014) evidenciaram uma correlação forte e positiva (0,87) entre a degradação da água e atividades humanas, sendo o solo exposto à pastagem, áreas com maior representatividade para a degradação. Fia, et al. (2015) evidenciaram que a entrada de matéria orgânica e de nutrientes de origem doméstica, assim como atividades agropecuárias, na rede de drenagem reduziu a qualidade da água da área urbana em Lavras, Minas Gerais. Já Ferreira et al, (2018) comprovaram a importância da mata ciliar na contribuição para a adequação da qualidade da água conforme legislação ambiental.

Devido à importância da água para as atividades humanas, as áreas urbanas, industriais, agrícolas ou de preservação estão inseridas no domínio das áreas hídricas, que culminam em uma bacia hidrográfica (Carletto e Oliveira, 2017). De acordo com Ding et al., (2016) e Rocha, et al, (2019) as bacias hidrográficas compreendem uma área de escoamento natural da água da chuva, formada por um conjunto de redes de drenagens convergindo para um único ponto de saída, denominado exutório.

Cabe destacar que o comportamento de uma bacia é resultado de fatores de origem natural e antrópicos, onde as atividades humanas interferem de forma direta ou indireta no seu funcionamento (Zeinalzadeh e Rezaei, 2017; Santos et al., 2019).

Diante desse cenário de degradação, encontrado em diversas bacias hidrográficas no território brasileiro, e como forma de planejar, conservar, caracterizar e monitorar, o Brasil conta hoje com a Política Nacional de Recursos Hídricos (Lei 9.433/1997), que estabelece dispositivos legais sobre a gestão dos recursos hídricos e institui a bacia hidrográfica como unidade de gestão em todo o território nacional (BRASIL, 1997; Melo et al., 2016). Além disso, conta também com a

Agência Nacional de Águas (ANA), que tem por objetivo monitorar os rios da União, que passam por mais de um estado brasileiro ou por territórios estrangeiros (ANA, 2019). Na Bahia o monitoramento da qualidade da água é instituído pela Lei Estadual nº10.432/06 (SEIA, 2019) e gerido pelo Instituto do Meio Ambiente e Recursos Hídricos (INEMA) que monitorava até 2018, cerca 418 pontos, abrangendo 184 rios, 49 lagoas/lagos/barragens ou açudes, tendo entre suas atribuições repassar essas informações a ANA.

Um dos instrumentos utilizados para esse monitoramento é a resolução do Conselho Nacional de Meio Ambiente (CONAMA) nº 357 de 2005, que estabelece o padrão de qualidade para a água doce, salobra e salina em território nacional, visando a garantia de água apropriada para o consumo humano e a saúde da população (BRASIL, 2005). Dentre os parâmetros utilizados por essa resolução estão: sólidos dissolvidos totais, sólidos totais, salinidade, turbidez, cloreto, coliformes totais e termotolerantes, oxigênio dissolvido, demanda bioquímica de oxigênio, fósforo total, nitrogênio total, amônia, nitrito, nitrato, fósforo dissolvido, pH, clorofila-*a* e temperatura.

O monitoramento desses parâmetros é de suma importância, uma vez que podem ser influenciados pelo uso do solo e cobertura vegetal, sendo necessário também o monitoramento do uso da superfície terrestre, que pode ser realizado com o apoio de Sistemas de Informações Geográficas (SIG) e do Geoprocessamento, sendo estas ferramentas imprescindíveis ao monitoramento ambiental. Segundo Wrublack et al. (2018), os SIGs permitem o processamento de elevada quantidade de informações e análise sistemática/integrada de dados espaciais. Já Hamidi et al. (2017) analisaram imagens de satélites para modelar a qualidade da água em uma bacia hidrográfica.

Os SIGs também permitem criar mapas de fragilidade ambiental, como corroboram Franco et al. (2012) que ao estudarem a bacia hidrográfica do rio Almada na Bahia, comparou os mapas com a qualidade da água e constataram que quanto maior a área florestada, menor a fragilidade ambiental e consequentemente menor a perda da qualidade físico-química da água. Assim sendo, compreender e identificar as relações quantitativas entre uso do solo e cobertura vegetal e a qualidade da água são essenciais para a gestão integrada dos recursos hídricos (Silva et al., 2018; Rodrigues et al., 2018; Gu et al., 2019).

Na região Extremo Sul do Estado da Bahia, o Rio dos Frades apresenta-se como uma região

hídrica de relevante investigação científica. Sua jusante encontra-se inserida na Unidade de Conservação Integral, Refúgio de Vida Silvestre do Rio dos Frades (RVSRF). Já o seu entorno é caracterizado por múltiplos usos do solo e cobertura vegetal que culminam em distintos conflitos socioambientais, dentre eles, uso indiscriminado de agrotóxicos, extrativismo vegetal, desmatamento de remanescentes de Mata Atlântica, descargas clandestinas de efluentes domésticos, disposição inadequada de resíduos sólidos, barramentos irregulares e mineração (PMMA, 2016). Além disso, o Rio dos Frades é utilizado também para o abastecimento urbano dos municípios de Guaratinga e Itabela, por meio de captação realizada pela Empresa Baiana de Saneamento (EMBASA).

Diante do cenário apresentado, da possibilidade da presença de poluentes do Rio dos Frades, pelos lançamentos irregulares no seu leito, diversos usos que são dados ao solo em toda a bacia e pelo fato do rio passar por diversos municípios, é de suma importância que sejam realizadas regularmente análises da sua qualidade, para mensurar os impactos gerados por esses diversos

usos bem como identificar as variáveis que mais influenciam na qualidade da sua água. Dessa forma, considerando a sua importância para a manutenção da biodiversidade aquática e os múltiplos usos do rio, este trabalho tem por objetivo caracterizar a variabilidade espacial e sazonal da qualidade da água no Rio dos Frades e identificar a relação entre os parâmetros físicos, químicos, biológicos e microbiológicos da água com o uso do solo e cobertura vegetal.

Material e métodos

Caracterização da área de estudos

O Rio dos Frades situa-se ao extremo sul da Bahia, entre as coordenadas geográficas 16°45' e 16°27' de latitude Sul e os 39°04' e 40°00' de longitude Oeste, com extensão de 115 km, área de drenagem de 1698,51 km² e declividade 0,003 m/m. Sua nascente encontra-se no município de Guaratinga (BA) e percorre os municípios de Itabela e Porto Seguro, passando por propriedades rurais, se estende pelo RVSRF e desemboca no mar (Figura 1).

Figura 1. Localização geográfica e disposição dos pontos amostrais ao longo da bacia do Rio dos Frades, Itabela, Guaratinga e Porto Seguro – Ba, inserida na RPGA IV.

A bacia fica situada na Região de Planejamento e Gestão da Água IV (RPGA-IV), situada na Região Hidrográfica Nacional do Atlântico Leste, essa regionalização foi elaborada

de acordo com o balanço oferta x demanda hídrica, déficit hídrico, aspectos de gestão das águas, de acordo com as Regiões Administrativas de Águas (RAAs) e das bacias hidrográficas, totalizando 25

RPGAs (INEMA,2019). Essa unidade de gerenciamento localiza-se no extremo sul da Bahia, entre a RPGA III e V.

O agente gestor dos recursos hídricos das RPGA's é o Comitê de Bacia Hidrográfica (CBH), um órgão colegiado, inteiramente novo na realidade institucional brasileira, funcionando com uma estrutura tripartite que reúne o poder público, usuários e sociedade civil organizada.

Os municípios de Guaratinga, Itabela e Porto Seguro, estão localizados no Extremo Sul da Bahia, uma região com fragmentos da Mata Atlântica, manguezais, recifes/arenitos (Silva et al., 2018), com população fixa estimada em 20.991, 30.413 e 146.625 habitantes, respectivamente (IBGE, 2019). De acordo com os dados obtidos pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), a falta de tratamento adequado dos efluentes nesses municípios é preocupante, pois esse serviço abrange apenas 66,7% da população de Porto Seguro e 42,3% dos habitantes de Guaratinga. Em Itabela, apenas 4,4% possui disposição de efluentes apropriado, podendo afetar negativamente a qualidade ambiental e a saúde da população (IBGE, 2019).

Em se tratando de extensão territorial, o maior município é o de Porto Seguro com 2.285,764 km², que também apresenta a maior densidade demográfica (52,70 hab/km²), seguido de Guaratinga com extensão de 2.189,404 km² e densidade de 9,53 hab/km²; já Itabela tem área de 924,926 km² e densidade demográfica de 33,37 hab/km² (IBGE, 2019).

Em termos socioeconômicos, a cidade de Porto Seguro é um dos principais polos turísticos do Brasil, o município possui um Índice de Desenvolvimento Humano (IDH) de 0,676, e o crescimento da população é uma consequência direta do turismo (Brito et al, 2018; IBGE, 2019), além disso, o sistema de saneamento sofre impactos do turismo, pois a cidade possui uma população flutuante entorno de 1.500.000 turistas por ano, ou seja, 10 vezes maior que a população fixa.

O município de Itabela e Guaratinga apresentam IDH 0,599 e 0,558, respectivamente, sendo a agropecuária e silvicultura as principais atividades.

Coleta e análise de água:

O clima da região é tropical úmido (Af), pela classificação de Köppen. A média de precipitação mensal é superior a 60 mm, com temperaturas médias superiores a 18°C do mês

mais frio do ano, não tendo estação invensosa (Amorim, 2016).

Para verificar a variação sazonal dos parâmetros físicos, químicos, biológicos e microbiológicos da água do Rio dos Frades, analisou-se o regime de sazonalidade de precipitação na região por um período de 30 anos (Figura 2).

Figura 2. Precipitação acumulada mensal no período entre 1988-2019, na estação pluviométrica de Guaratinga-BA (COD.1939026).

A malha amostral foi estruturada em 12 pontos, determinados de acordo com o acesso aos locais e às possíveis fontes pontuais e difusas de contaminação ao longo do Rio dos Frades. O trecho entre o ponto 5 e 6 do rio está inserido em propriedades privadas o que impossibilitou o acesso (Figura 1 e Tabela 1). Os pontos amostrais foram georreferenciados em sistema de coordenadas planas, no DATUM WGS 84 24S.

Foram realizadas quatro coletas de água, em agosto de 2018 e em abril, julho e outubro de 2019, representando dois períodos amostrais: período seco e período chuvoso. As coletas do tipo simples e superficial, e seguiram as normas da Companhia Ambiental do Estado de São Paulo (CETESB, 2011). Os parâmetros foram analisados conforme métodos estabelecidos pelo *Standard Methods for Examination of Water and Wastewater* (1999).

Os parâmetros de determinação do IQA - Índice de Qualidade das Águas da Cetesb e seus respectivos pesos encontram-se na Tabela 2. O peso é atribuído de acordo com a importância relativa de cada parâmetro.

Tabela 1. Localização geográfica dos pontos amostrados ao longo do Rio dos Frades

Pontos de Coleta	Coordenadas (UTM)	
	Latitude	Longitude

P1	0433082	8157602
P2	0430868	8157230
P3	0414816	8163607
P4	0415607	8164452
P5	0418787	8166191
P6	0480239	8163246
P7	0480239	8163246
P8	0481349	8163291
P9	0482621	8162568
P10	0485885	8160214
P11	0487935	8156712
P12	0488199	8154900

Tabela 2. Parâmetros e pesos para determinação do IQA.

Parâmetros	Peso(w)
Oxigênio Dissolvido	0,18
Coliformes termotolerantes	0,16
Potencial hidrogeniônico	0,13
Demanda Bioquímica de Oxigênio	0,11
Temperatura da água	0,11
Nitrogênio total	0,11
Fósforo total	0,11
Turbidez	0.09

Fonte: CETESB, 2018

Nas análises laboratoriais, processou-se os dados em triplicata, a partir dos dados foi calculado o Índice de Qualidade das Águas (IQA). Os resultados foram comparados com os intervalos das classes do IQA para, assim, definir a qualidade da água superficial da bacia em estudo. Na Tabela 3, tem-se os intervalos adotados para o IQA.

Tabela 3. Classificação do IQA de acordo com os valores adotados pela CETESB

Intervalos das classes de IQA	Interpretação da qualidade da água
80-100	Ótimo
52-79	Boa
37-51	Razoável
20-36	Ruim
0-19	Péssima

Fonte: CETESB, 2018

Visando a melhor compreensão dos dados, os resultados obtidos para as variáveis de qualidade

de água foram comparados com a Resolução CONAMA 357/2005, alterada pela Resolução 410/2009 e pela 430/2011. Para enquadramento de águas classe 2. Esta resolução classifica os corpos de água e estabelece diretrizes, condicionando a determinação de metas de qualidade para a água (BRASIL, 2005). De acordo com o artigo 42º da resolução 357, todas as águas doces serão consideradas classe 2, enquanto as salinas e salobras classe 1, até serem aprovados os seus respectivos enquadramentos.

Análises estatísticas:

Estudos recentes tem empregado técnicas de estatísticas multivariadas a matrizes de monitoramento da qualidade da água, pois estas têm mostrado eficácia na classificação das águas dos rios, na determinação de variações espaciais causadas por fatores naturais e antropogênicos, nas variações sazonais e no desenvolvimento de estratégias apropriadas para uma gestão eficaz dos recursos hídricos (Özdemir, 2016; Ruždjak e Ruždjak, 2015; Pinto, Calazans, e Oliveira, 2019). As técnicas de análise hierárquica de agrupamentos (HCA), análise de componentes principais (ACP), discriminante análise fatorial (DA) e análise fatorial principal (AFP) têm sido os principais métodos aplicados para investigações sobre a qualidade da água. (Sheykhi, Moore, e Kavousi-fard, 2015).

O método de análises de Componentes Principais (ACP) possibilita uma melhor compreensão das inter-relações entre os parâmetros da qualidade da água e possíveis fontes que afetam o sistema hídrico, exteriorizando relações ocultas entre variáveis e reduzindo conjuntos de dados enormes e complexos a um pequeno número de fatores sem perda de informação (Wang et al., 2017). Foi utilizado o *software PAST e o R-studio* para proceder com o tratamento dos dados.

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 subdividiu-se em quatro etapas, sendo: preenchimento de depressões (*"fillsinks"*), direção de fluxo (*"flowdirection"*), fluxo acumulado (*"flowaccumulation"*) e delimitação de bacias (*"Watershed"*).

A imagem da área de estudo foi obtida do sensor MSI (*multi-spectral instrument*) acoplado no satélite Sentinel 2A referente a 04/08/2017 adquirida do catálogo de imagens do site do Serviço Geológico Americano (USGS) e resolução espacial de 10 metros. A escolha da imagem foi baseada nas datas de coleta das amostras (imagem com data mais recente) e no percentual máximo de 20% de cobertura de nuvens (menor interferência de nuvem possível).

As bandas espectrais foram processadas no *software* QGIS versão 2.18 e reprojatados para o sistema de coordenadas planas, DATUM SIRGAS 2000 24S, e realizada uma composição real, utilizando as bandas no comprimento do espectro eletromagnético do vermelho, verde e azul, conforme Tabela 4.

Tabela 4. Bandas Sentinel-2A utilizadas na composição da imagem de satélite para caracterização do uso do solo e cobertura vegetal do Rio dos Frades.

Nº da banda	Nome da Banda	Comprimento de Onda Central (nanômetro)
B02	Blue (azul)	490
B03	Green (verde)	560
B04	Red (vermelha)	665
B08	NIR (Infravermelho Próximo)	842

Fonte: USGS, 2019

A composição permitiu um reconhecimento preliminar das atividades de uso do solo e cobertura vegetal no entorno do Rio dos Frades. As classes do mapeamento foram determinadas e agrupadas em: área urbanizada (AU), área agricultáveis (AA), área florestada (AF), área de silvicultura (AS) e área campestre (AC), que engloba pastagem.

Foi realizada a classificação supervisionada, procedendo-se a seleção de áreas de treinamento para as classes de uso do solo e

cobertura vegetal e criadas suas respectivas assinaturas espectrais. Posteriormente, as assinaturas foram analisadas por análise estatística para identificação do comportamento das assinaturas espectrais na faixa dos comprimentos de onda do vermelho, azul e verde, visando reduzir a interferência ou similaridade da reflectância das classes nos mesmos comprimentos de onda.

Para classificação da imagem utilizou-se o algoritmo de Máxima Verossimilhança, capaz de ponderar a distância das médias dos níveis digitais das classes, através parâmetros estatísticos a partir de um conjunto de dados ou amostras representativas das classes de interesse. O algoritmo determina um diagrama de dispersão em torno da média e calcula a probabilidade do pixel pertencer a uma determinada classe (Cechim Junior, Johann, e Antunes, 2017).

Para o mapeamento, as classes e unidades de uso e cobertura vegetal foram determinadas de acordo com o Manual Técnico de Uso da Terra (IBGE, 2013).

Resultados e discussão

Qualidade da água

As análises mostraram que os parâmetros OD, pH e DBO ficaram em desacordo com valores estabelecidos pela legislação, para os cursos de água doce, Classe 2, principalmente a jusante das zonas urbanas dos municípios de Guaratinga e Itabela. Nas visitas *in loco* foram observados degradação da mata ripária, atividades agropecuárias, lançamento de efluente doméstico, silvicultura e a bubalinocultura. Esses fatores contribuem para a degradação da qualidade da água. Apenas nos pontos 11 e 12, situados na RVSFRF observou-se presença de vegetação ciliar. DBO foi o parâmetro que teve o maior número de amostras em desacordo com a legislação (93,75% das amostras). Valores de DBO acima de 7 mgL⁻¹ são indicativos de poluição (Otsuka, 2014).

Tabela 5. Estatística descritiva básica dos parâmetros analisados conforme a resolução do CONAMA 357/2005, para período seco e chuvoso.

Parâmetro	N	Período	Média	Mínima	Máxima	CONAMA 357/05
OD (mgL ⁻¹)	12	ES	5,16	3,13	7,04	Mínimo de 5 mgL ⁻¹
	36	EC	5,74	1,62	10,92	

pH	12	ES	6,41	5,35	7,36	6,0 a 9,0
	36	EC	7,01	6,18	8,24	
ST(mgL⁻¹)	12	ES	184,10	30,66	1354,62	NR
	36	EC	2.631,18	12,98	56.215,33	
STD (mgL⁻¹)	12	ES	184,11	21,0	1.016,00	Até 500 mgL ⁻¹
	36	EC	117,62	15,0	2.171	
TURB (NTU)	12	ES	21,70	2,5	58,06	Até 100 NTU
	36	EC	25,22	1,0	105,0	
Cl-<i>a</i>(μgL⁻¹)	12	ES	7,04	5,50	8,11	Até 30 μgL ⁻¹
	36	EC	58,46	10,30	68,25	
DBO	12	ES	6,69	4,10	13,32	Até 5 mgL ⁻¹
	36	EC	9,67	7,01	12,82	
NO₂⁻(mgL⁻¹)	12	ES	0,02	0,01	0,05	1,0 mgL ⁻¹
	36	EC	0,03	0,01	0,21	
NO₃⁻(mgL⁻¹)	12	ES	0,32	0,031	2,39	10,0 mgL ⁻¹
	36	EC	0,25	0,04	1,59	
NH₄⁺(mgL⁻¹)	12	ES	0,27	0,157	0,44	3,7 mgL ⁻¹ N, para pH ≤ 7,5
	36	EC	0,15	0,08	0,31	
NT(mgL⁻¹)	12	ES	0,57	0,01	1,39	2,18 mgL ⁻¹
	36	EC	0,63	0,12	1,90	
PO₄⁻(mgL⁻¹)	12	ES	0,03	0,01	0,07	NR
	36	EC	0,05	0,02	0,36	
PT(mgL⁻¹)	12	ES	0,03	0,02	0,09	Até 0,1 mgL ⁻¹
	36	EC	0,13	0,01	1,88	
Coli. Tot (NMP/100mL)	12	ES	1056	102,00	1600,0	
	36	EC	630,56	49,0	1600,0	
Coli. Term. (NMP/100mL)	12	ES	73,30	4,00	280,00	até 1000/100mm
	36	EC	111,61	1,80	1600,00	
T (°C)	12	ES	24,04	23,14	25,52	NR
	36	EC	26,48	21,00	30,87	
SAL	12	ES	0,13	0,02	1,03	
	36	EC	0,86	0,01	26,41	
Cl⁻	12	ES	71,79	0,00	588,12	
	36	EC	58,46	10,3	632,0	
Condutividade elétrica (μS/cm)	12	ES	253,33	43,00	2029,00	
	36	EC	261,67	19,0	4334,00	

Legenda: EC – Estação Chuvosa; ES – Estação Seca; OD – Oxigênio Dissolvido; pH – Potencial Hidrogeniônico; ST – Sólidos Totais; STD – Sólidos Totais Dissolvidos; TURB – Turbidez; Cl-*a* – Clorofila *a*; DBO – Demanda Bioquímica de Oxigênio; NO₂⁻ - Nitrito; NO₃⁻ - Nitrato; NH₄⁺ - Amônia; NT- Nitrogênio Total; PO₄-Fosfato; PT-Fósforo Total; Coli. Tot – Coliformes Totais; Coli. Term – Coliformes Termotolerantes; T°C – Temperatura (graus Celsius); SAL – Salinidade; NR – Não Regulamentado (Fonte: BRASIL, 2005)

O OD apresentou valores extremamente baixos principalmente nos pontos a jusante dos municípios. Esses valores podem ser explicados pela decomposição de matéria orgânica.

Diretamente relacionado, de acordo com a literatura, com esgotamento sanitário inadequado e com excretas de animais (Al-Murairi, Abahussain, e El-Battay, 2014; Rocha et al., 2019),

possibilidade reforçada pelos valores altos de DBO. Outro fator também, pode ser a própria característica física (relevo) dos trechos dos rios, que propicia baixa velocidade no fluxo da água influenciando numa menor reaeração (Vasco et al., 2011).

O valor do DBO ultrapassou o limite permitido pela legislação em todos os pontos do período chuvoso. O teor elevado da DBO indica o aumento da microflora aquática, provocado pelo aumento da quantidade de matéria orgânica, colocando em risco outras espécies aquáticas, pela falta de oxigênio dissolvido. De acordo com a CETESB (2018), o aumento na DBO é provocado por despejos de origem predominantemente orgânica, induzindo ao completo esgotamento do oxigênio na água, provocando o desaparecimento de peixes e outras formas de vida aquática, assim como um aumento da microflora, que interfere no equilíbrio da vida aquática.

Para os valores de pH, o valor mínimo encontrado foi de 5,35 e o máximo de 7,36 no período seco e mínimo de 6,18 e o máximo de 8,24 para o período chuvoso (Tabela 5). Na região do vale dos frades, os valores estavam abaixo do limite estabelecido pelo CONAMA no período seco. Tal cenário pode ser justificado pela presença de matéria orgânica que gera ácidos húmicos e fúlvicos (Tundisi, 2003; Alves et al., 2009; Fia et al., 2015). De acordo com Moura, Assumpção, e Bischoff (2009) a presença de matéria orgânica pode ser confirmada através de valores altos de coliformes totais e de DBO, assim como observados nesse estudo.

Durante todas as campanhas, foi detectado a presença de coliformes termotolerantes em todas as amostragens, o que pode ser explicado pela presença constante de gado nos locais e pelo lançamento de esgoto doméstico sem tratamento. Os valores mais baixos foram detectados na campanha chuvosa, tal cenário pode ser justificado pelo fato do período chuvoso proporcionar modificações no regime de vazão dos rios, o que aumenta sua capacidade de diluição dos diversos componentes lixiviados, justificando então o cenário encontrado (Fia et al., 2015; Queiroz; Silva; Paiva, 2017; Mussálem-Castillejos et al., 2018). Outros estudos realizados no Brasil apontam que a maior concentração desse parâmetro acarreta na queda da qualidade da água nesse período (Silva et al., 2018; Simonetti, Silva, e Rosa, 2019).

A presença de coliformes termotolerantes na água é um fator preocupante, pois indica a

presença de outros patógenos que podem infectar humanos coliformes termotolerantes por meio de ingestão ou cortes na pele (Namugize, Jewitt, e Graham, 2018). Além disso, as temperaturas elevadas, típicas de regiões tropicais, são propícias para a proliferação desse grupo de bactérias (Zeinalzadeh e Rezaei, 2017).

A figura 3 apresenta os valores do IQA para os 12 pontos amostrais das 4 campanhas, o IQA variou de 51,38 a 89,65. Os valores de IQA obtidos classificam a qualidade da água na maioria do tempo como Boa. Os menores valores foram encontrados na campanha com maior índice de precipitação (2ª campanha) associado ao pH, NT e turbidez, resultante das fontes difusas provenientes das áreas rurais, em função dos processos erosivos e ausência de mata ciliar.

Figura 3. Valores de IQA nas Campanhas 1, 2, 3 e 4, por ponto monitorado.

Embora a qualidade da água apresentou-se boa pelo IQA, nas visitas *in loco* foram observados degradação da mata ripária, atividades agropecuárias, lançamento de efluente doméstico, silvicultura e a bubalinocultura. Somente nos pontos 11 e 12, situados na RVSRF observou-se presença de vegetação ciliar. Esses fatores contribuem para a degradação da qualidade da água.

Uso do solo e cobertura vegetal

O mapeamento do uso do solo e cobertura vegetal é extremamente importante para compreender a dinâmica das bacias hidrográficas, visto que, o uso intensivo e irregular do solo tem provocado a deterioração da qualidade da água. Sendo assim, foi gerado o mapa de uso do solo e cobertura vegetal referente à área de estudo (Figura 4).

Figura 4. Área territorial da bacia hidrográfica do Rio dos Frades ocupada pelas unidades de uso do solo e cobertura vegetal.

Os percentuais do quantitativo de uso do solo e cobertura vegetal na bacia do Rio dos Frades são apresentados na Tabela 6.

Tabela 1. Quantitativo da área territorial ocupada por cada unidade do uso do solo e da cobertura vegetal.

Classe	Unidades	Área (ha)	Área (%)
Área antrópica	Área urbana	5.981,035	4,28
	Campo e pastagem	23.676,47	16,94
Área antrópica agrícola	Área Agrícola	46.339,21	33,16
	Silvicultura	15.541,32	11,12
Área de vegetação Natural	Área Florestal	48.208,48	34,50
Total		139.746,5	100

Legenda: ha – hectares

Apesar de 34,5% da área da bacia ainda se encontrar floresta nativa, o total da área correspondente às atividades agrícolas é bem significativa na região, compreendendo 33,16% da bacia, esse resultado é o reflexo das atividades econômicas que movimentam os municípios da Costa do Descobrimento, no qual estão inseridos Itabela, Guaratinga e Porto Seguro. Segundo a

Secretaria de Desenvolvimento Econômico, a região produz cerca de 36,94% do mamão da Bahia e 30,68% do montante da região Nordeste, dentre outras especiarias como urucum, café e pimenta do reino. A agricultura na região é predominantemente cafeicultura, essa atividade colaborou com a história do desenvolvimento econômico social de vários municípios do Estado,

conferindo ao estado a posição de quarto maior produtor de café do país.

A região também conta como maior produtora de bubalinos de toda a Bahia (PMMA, 2016). A presença de bubalinos às margens do rio é um fator preocupante, pois dependendo da quantidade de animais, o solo se torna mais vulnerável a intempéries, suscetível à erosão e por fim, acaba ocasionando o aumento de sólidos suspensos na água (Silva et al., 2018). Nesse contexto, é importante ressaltar que nos pontos 6, 7, 8, 9 e 10, situados em um extenso vale, observou-se a existência da presença de búfalos e cavalos às margens do rio.

Com exceção do ponto 4 (área urbana), 11 e 12 (dentro da RVSRF) todos os pontos apresentaram pastagem às margens do rio, representando um fator negativo pois além da supressão vegetal e erosão, ocorre também a compactação do solo.

De acordo com Freire e Castro, (2014) essa atividade afeta a qualidade da água, pois diminuiu a concentração de oxigênio e aumenta a concentração de nitratos.

Apesar de apresentar apenas 11,12 % da área em estudo, a silvicultura, vem se destacando na região. Nas últimas décadas, devido seu valor econômico e sua capacidade rápida de crescimento houve um aumento global, de aproximadamente 20 milhões de hectares, nas áreas de plantio de eucalipto (Ouyang et al., 2018). A silvicultura de eucalipto pode ser usada como fonte de energia renovável, evitando a extração de florestas nativas, contribuindo para a conservação ambiental, principalmente quando é promovido um modelo sustentável de exploração florestal. Além disso, seu plantio em larga escala gera emprego e renda para segmentos industriais (Vechi, Anderson De; Magalhães Junior, 2018). Em contrapartida, a pressão causada por essa atividade no ambiente natural é preocupante, quando o manejo inadequado e a monocultura ameaçam os ecossistemas circundantes. Essas práticas ocasionam a degradação dos ambientes, retração e fragmentação dos ecossistemas naturais, entre eles impactos no balanço hídrico, pois a sua produção em larga escala pode diminuir a disponibilidade de água nos sistemas hídricos (Lima et al., 2016). De acordo com Souza, (2015), o crescimento da cultura do eucalipto no Extremo Sul tem reduzido a área de vegetação natural e manguezais nas últimas décadas.

Com percentual menor e não menos importante em termos de contribuição para a degradação da qualidade da água, a Área Urbana, foi representada por 4,28% na composição do uso e ocupação do solo por atividades antrópicas. A influência da área urbana foi muito relevante para as interações entre os parâmetros da qualidade da água, visto que os valores de IQA apresentaram um decréscimo, em todas as campanhas, após a área urbana. A expansão urbana sem planejamento e saneamento básico torna-se uma das principais causas da redução da qualidade da água (Saad et al., 2016).

Análises Estatísticas

A partir do ACP, foram identificadas 19 componentes principais (CPs), no qual as 4 primeiras componentes explicam 78,02% da variância dos dados e cujo autovalor é maior que 1. Apesar de não existir uma norma padrão sobre o número de fatores que deve ser extraído das análises, com base na literatura, o critério de Kaiser é amplamente usado, e sugere a extração dos fatores com valor de *eigenvalue* (autovalor) acima de um (Golzarian e Frick, 2011; Calijuri et al., 2012; Vitale et al., 2017; Queiroz, Silva, e Brazil de Paiva, 2017) e o número de componentes que representem 60% da variância acumulada, refletem uma ideia aceitável da variância original de acordo com Hair, et al., 2009; Gardiman Junior, 2015; Ferreira, et al., 2015).

Na ACP, os dois primeiros eixos explicam 60,32% da variância total dos dados, resultados semelhantes foram encontrados por (Nascimento, Reis, Roeser, e Santiago, 2019). O eixo 1 apresentou 44,67%, cujo auto vetor é de 8,48, e se correlacionou positivamente com DBO, OD, NT, T°C, pH, turbidez e clorofila-a, e o eixo 2 apresentando 15,64% da variância dos dados e autovalor 2,97, com correlação positiva com os STD, CE e salinidade (Figura 5). Na primeira componente as variáveis estão relacionadas com as partículas em suspensão enquanto as variáveis do segundo eixo se relacionam com os sais dissolvidos na água (Bertossi, et al., 2013). Estas variáveis apresentaram pesos (*“loadings”*) elevados, constituindo as variáveis mais significativas para a variabilidade da qualidade da água do Rio dos Frades.

Figura 5. Análise dos componentes principais das campanhas 1, 2, 3 e 4, e dos 12 pontos amostrais. ST - Sólidos Totais, SAL - Salinidade, STD - Sólidos Dissolvidos Totais, Cl- - Cloreto, EC - Coliformes Termotolerantes, CT - Coliformes Totais, NTU - Turbidez, OD - Oxigênio Dissolvido, DBO - Demanda Bioquímica de Oxigênio, PT - Fósforo Total, NT - Nitrogênio Total, NH₄ - Amônia, NO₂ - Nitrito, NO₃ - Nitrato, PO₄ - Fósforo Dissolvido, pH - Potencial Hidrogeniônico, Cl-a - Clorofila *a*, T - Temperatura.

Para realizar o teste de correlação de Pearson e Análise de Agrupamento, foi verificado a normalidade dos dados utilizando o teste de Shapiro-Wilk (nível de significância 0,05). Os dados apresentaram distribuição normal, com exceção de NT, NH₄⁺ e temperatura. Esses indicadores foram transformados usando métodos apropriados, como transformações naturais de log e raiz quadrada, para satisfazer a condição de uma distribuição normal por mais análises. O teste de Kruskal Wallis foi utilizado para verificar se houve variância significativa dos dados.

A análise a partir do dendrograma (Figura 6) demonstrou que existem semelhanças do IQA entre os pontos. Portanto os pares de pontos semelhantes são 1, 2 e 3; 9, 10, 11 e 12; 5, 6 e 7; 4 e 6. O rio apresenta comportamento sentido montante-jusante, e os pontos próximos apresentam qualidade da água semelhantes.

Figura 6. Dendrograma dos grupos estabelecidos pela similaridade utilizando o método WARD.

Conclusão

1- O regime pluviométrico tem forte influência na variação dos parâmetros limnológicos do rio dos Frades, tendo o período chuvoso como agravante da qualidade da água, no qual a erosão do solo descoberto, o lixiviamento de nutrientes e matéria

orgânica proveniente das atividades agropecuárias são os fatores que contribuem para a degradação da qualidade do corpo hídrico.

2- Com relação à distribuição espacial dos resultados, as áreas urbanizadas tiveram uma contribuição maior na poluição do rio, porém a variação espacial não foi estatisticamente significativa (teste de Kruskal Wallis).

3- Apesar do uso do solo da bacia alterar a qualidade da água, principalmente através dos nutrientes, material orgânico e sólidos, água do rio dos Frades se manteve boa em todo o corpo do rio.

4- É importante frisar que, apesar dos resultados do IQA serem positivos, o corpo hídrico já apresenta degradação, visto que parâmetros importantes tais como, DBO, OD, pH e coliformes estiveram fora da legislação do CONAMA 357/05. Evidenciando a necessidade de um monitoramento contínuo da qualidade da água do rio dos Frades, visto que o rio é extremamente importante para manter a biodiversidade da bacia e principalmente do RVSRF.

Referências

- Al-Murairi, N., Abahussain, A., El-Battay, A., 2014. Spatial and temporal characterizations of water quality in Kuwait Bay. *Marine Pollution Bulletin*, 83, 127–131. Disponível: <https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2014.04.009>. Acesso: 15 jun. 2019.
- Alves, I. C. C., El-Robrini, M., Santos, M. de L. S., Monteiro, S. de M., Barbosa, L. P. F., Guuimarães, J. T. F., 2009. Qualidade das águas superficiais e avaliação do estado trófico do Rio Arari (Ilha de Marajó , norte do Brasil) Surface water ´ s quality and trophic status assessment in the Arari River. *Acta Amazonica*, 42, 115–124. Disponível: <https://doi.org/10.1590/S0044-59672012000100014>. Acesso: 27 jun. 2019.
- AMERICAN PUBLIC HEALTH ASSOCIATION, 1999. Standard Methods for the examination of water and wastewater. 19. ed. Washington: American Public Health Association, American Water Works Association, Water Environmental Federation.
- Amorim, R. R., 2016. A representação de mapas de paisagens na escala regional: O exemplo da região Costa do Descobrimento (Bahia). *Revista da Anpege*, 12, 257–292. Disponível: <https://doi.org/10.5418/ra2016.1217.0011>. Acesso: 15 jul. 2019.
- Agência Nacional de Água., 2019. Rios. Disponível em: <https://www.ana.gov.br/gestao-da-agua/saiba-quem-regula/rios/rios>. Acesso em: 09 jun. 2019.
- Bertossi, A. P. A., De Menezes, J. P. C., Cecílio, R. A., De Oliveira Garcia, G., Neves, M. A., 2013. Seleção e agrupamento de indicadores da qualidade de águas utilizando estatística multivariada. *Semina: Ciências Agrárias*, 34, 2025–2036. Disponível: <https://doi.org/10.5433/1679-0359.2013v34n5p2025>. Acesso: 19 jun. 2019.
- BRASIL, 1997. Lei nº 9.433, de 8 de janeiro.
- BRASIL, 2005. Conselho Nacional do Meio Ambiente. Resolução no 357, de 17 de março. Disponível: <http://www.mma.gov.br/conama/res/res05/res35705>. Acesso: 15 jun. 2019.
- Brito, S. de S., Torres, H. C., Araújo, W. A., Voltolini, J. C., 2018. Gestão ambiental em empreendimentos hoteleiros em Porto Seguro, Bahia, Brasil. *Latin American Journal of Business Management*, 9.
- Calijuri, M. L., do Couto, E. de A., Santiago, A. D. F., Camargo, R. D. A., Silva, M. D. F. M., 2012. Evaluation of the influence of natural and anthropogenic processes on water quality in karstic region. *Water, Air, e Soil Pollution*, 223, 2157–2168. Disponível: <https://doi.org/10.1007/s11270-011-1012-5>. Acesso: 16 mar. 2019.
- Carletto, D. L., Oliveira, T. M. N. de., 2017. Educação ambiental e sustentabilidade: a pegada ecológica na bacia hidrográfica do Rio Cachoeira, Joinville, SC. *Acta Biológica Catarinense*, 4, 136–144. Disponível: <https://doi.org/10.21726/abc.v4i3.430>. Acesso: 14 set. 2019.
- Cechim Junior, C., Johann, J. A., Antunes, J. F. G., 2017. Mapping of sugarcane crop area in the Paraná State using Landsat/TM/OLI and IRS/LISS-3 images. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, 21, 427–432. Disponível: <https://doi.org/10.1590/1807-1929/agriambi.v21n6p427-432>. Acesso: 15 jun. 2019.
- Companhia Ambiental do Estado de São Paulo - CETESB., 2016. Guia nacional de coleta e preservação de amostras: água, sedimento, comunidades aquáticas e efluentes líquidos. Brasília: CETESB; ANA.

- PMMA, 2016. Plano Municipal de Conservação de Recuperação da Mata Atlântica de Itabela. Disponível: <http://www.agersa.ba.gov.br/wp-content/uploads/2016/08/relatorio-itabela.pdf>. Acesso: 20 nov. 2019.
- Ding, J., Jiang, Y., Liu, Q., Hou, Z., Liao, J., Fu, L., Peng, Q., 2016. Influences of the land use pattern on water quality in low-order streams of the Dongjiang River basin, China: A multi-scale analysis. *Science of the Total Environment*, 205–216. Disponível: <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2016.01.162>. Acesso: 15 nov. 2019.
- Dutta, S., Dwivedi, A., Suresh Kumar, M., 2018. Use of water quality index and multivariate statistical techniques for the assessment of spatial variations in water quality of a small river. *Environmental monitoring and assessment*, 190, 718. Disponível: <https://doi.org/10.1007/s10661-018-7100-x>. Acesso: 15 jun. 2019.
- Ferreira, K. C. D., Lopes, F. B., de Andrade, E. M., Meireles, A. C. M., da Silva, G. S., 2015. Adaptação do índice de qualidade de água da National Sanitation Foundation ao semiárido brasileiro. *Revista Ciencia Agronomica*, 46, 277–286. Disponível: <https://doi.org/10.5935/1806-6690.20150007>. Acesso: 14abr. 2019.
- Ferreira Marmontel, C. V., Lucas-Borja, M. E., Rodrigues, V. A., Zema, D. A., 2018. Effects of land use and sampling distance on water quality in tropical headwater springs (Pimenta creek, São Paulo State, Brazil). *Science of the Total Environment*, 622–623, 690–701. Disponível: <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2017.12.011>. Acesso: 29 jul. 2019.
- Fia, R., Tadeu, H. C., Menezes, J. P., Fia, F. R. L., Oliveira, L. F. C., 2015. Qualidade da água de um ecossistema lótico urbano. *Revista Brasileira de Recursos Hídricos*, 20, 267–275. Disponível: <https://doi.org/10.21168/rbrh.v20n1.p267-275>. Acesso: 29nov. 2019.
- Franco, G. B., Betim, L. S., Marques, E. A. G., Gomes, R. L., & da Silva Chagas, C., 2012. Relação qualidade da água e fragilidade ambiental da Bacia do Rio Almada, Bahia. *Revista brasileira de geociências*, 42, 114–127.
- Freire, A. P., Castro, E. C. De., 2014. Análise da correlação do uso e ocupação do solo e da qualidade da Água. *Revista Brasileira de Recursos Hídricos*, 19, 41–49. Disponível: <https://doi.org/10.21168/rbrh.v19n1.p41-49>. Acesso: 19dez. 2019.
- Gardiman Junior, B. S., 2015. Caracterização do processo de poluição das águas superficiais da Bacia Hidrográfica do Rio Jucu, estado do Espírito Santo, Brasil. *Revista Agroambiente*, 9, 235. Disponível: <https://doi.org/10.18227/1982-8470ragro.v9i3.2310>. Acesso: 29nov. 2019.
- Golzarian, M. R., Frick, R. A., 2011. Classification of images of wheat, ryegrass and brome grass species at early growth stages using principal component analysis. *Plant Methods*, 7, 28. Disponível: <https://doi.org/10.1186/1746-4811-7-28>. Acesso: 29 abr. 2019.
- Hair, J. F., Black, W. C., Babin, B. J., Anderson, R. E., Tatham, R. L., 2009. Análise multivariada de dados.
- Hamidi, S. A., Hosseiny, H., Ekhtari, N., Khazaei, B., 2017. Using MODIS remote sensing data for mapping the spatio-temporal variability of water quality and river turbid plume. *Journal of Coastal Conservation*, 21, 939–950. Disponível: <https://doi.org/10.1007/s11852-017-0564-y>. Acesso: 26ago. 2019.
- IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística., 2019 Disponível: <https://cidades.ibge.gov.br/brasil/ba/panoramaeagt>
- IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística, 2013. Manual técnico de uso da terra. 3ª Ed. Rio de Janeiro: IBGE.
- INEMA. Instituto do Meio Ambiente e Recursos Hídricos., 2019. Comitês de bacias. Disponível em: <http://www.inema.ba.gov.br/gestao-2/comites-de-bacias/o-que-e/>
- Lima, A. R., Girardi, E. P., Mancio, D., Nunes, D. da C., 2016. Impactos da monocultura de eucalipto sobre a estrutura agrária nas regiões norte e central do Espírito Santo. *Revista Nera*, 12–36.
- Liu, J., Shen, Z., Chen, L., 2018. Assessing how spatial variations of land use pattern affect water quality across a typical urbanized watershed in Beijing, China. *Landscape and Urban Planning*, 176, 51–63. Disponível: <https://doi.org/10.1016/j.landurbplan.2018.04.006>. Acesso: 22mai. 2019.
- Melo, I. S., Silva, D., Santos, A. L. A., Santanta, B. L. P., 2016. Atividades antrópicas e degradação ambiental na sub-bacia hidrográfica do rio Itamirim-SE. *Anthropogenic activities and environmental deterioration of sub-basin river Itamirim –*

- SE. Revista de Geociências do Nordeste, 2.
- Moura, A. C., Assumpção, R. A. B., Bischoff, J., 2009. Monitoramento Físico-Químico e Microbiológico da água do rio Cascavel durante o período de 2003 a 2006. *Ar. Inst. Biol.*, 76, 17–22.
- Mussálem-Castillejos, K., Laino-Guanes, R., Bello-Mendonza, R., Gonzáles-Espinosa, M., Ramírez-Marcial, N., 2018. Water quality of Grijalva river on the Chiapas - Tabasco border. *Ecossistemas Y Recursos Agropecuarios*, 5, 55–64. Disponível em: <https://doi.org/10.19136/era.a5n13.1334>. Acesso em: 22mai. 2019.
- Namugize, J. N., Jewitt, G., Graham, M., 2018. Effects of land use and land cover changes on water quality in the uMngeni river catchment, South Africa. *Physics and Chemistry of the Earth*, 105(November 2017), 247–264. Disponível: <https://doi.org/10.1016/j.pce.2018.03.013>. Acesso: 24 jul. 2019.
- Nascimento, L. P. do, Reis, D. A., Roeser, H. M. P., Santiago, A. D. F., 2019. Relationship between land use and water quality in a watershed impacted by iron ore tailings and domestic sewage. *Ambiente e Agua - An Interdisciplinary Journal of Applied Science*, 14. Disponível: <https://doi.org/10.4136/ambi-agua.2383>. Acesso: 29abr. 2019.
- Otsuka, A. Y., Feitosa, F. A. do N., Flores Montes, M. de J., Honorato da Silva, M., Travassos, R. K., 2014. Condições ambientais do estuário do rio Botafogo (Itamaracá-Pernambuco-Brasil): clorofila *a* e algumas variáveis ambientais. *Tropical Oceanography*, 42, 111–127. Disponível: <https://doi.org/10.5914/tropocean.v42i3.577>. Acesso: 22mai. 2019.
- Ouyang, L., Zhao, P., Zhou, G., Zhu, L., Huang, Y., Zhao, X., Ni, G., 2018. Stand-scale transpiration of a Eucalyptus urophylla × Eucalyptus grandis plantation and its potential hydrological implication. *Ecohydrology*, 11, 1–10. Disponível: <https://doi.org/10.1002/eco.1938>. Acesso: 24 jul. 2019.
- Özdemir, Ö., 2016. Application of Multivariate Statistical Methods for Water Quality Assessment of Karasu-Sarmisakli Creeks and Kizilirmak River in Kayseri, Turkey. *Pol. J. Environ. Stud.*, 25, 1149–1160. Disponível: <https://doi.org/10.15244/pjoes/61850>. Acesso: 21jun. 2019.
- Pinto, C. C., Calazans, G. M., Oliveira, S. C., 2019. Assessment of spatial variations in the surface water quality of the Velhas River Basin, Brazil, using multivariate statistical analysis and nonparametric statistics. *Environmental Monitoring and Assessment*, 191, 1–13. Disponível: <https://doi.org/10.1007/s10661-019-7281-y>. Acesso: 24jul. 2019.
- Queiroz, L. G., Silva, F. T. da, Brazil de Paiva, T. C., 2017. Caracterização estacional das variáveis físicas, químicas, biológicas e ecotoxicológicas em um trecho do Rio Paraíba do Sul, SP, Brasil. *Ambiente e Agua - An Interdisciplinary Journal of Applied Science*, 12. Disponível: <https://doi.org/10.4136/ambi-agua.1949>. Acesso: 21abr. 2019.
- Rocha, H. M., Cabral, J. B. P., Batista, D. F., Oliveira, L. G., 2019. Avaliação físico-química e microbiológica das águas da bacia hidrográfica do rio Paraíso Jataí-GO. *Geosul*, 34, 51–74. Disponível: <https://doi.org/10.5007/1982-5153.2019v34n72p51>. Acesso: 24jul. 2019.
- Rodrigues, V., Estrany, J., Ranzini, M., de Cicco, V., Martín-Benito, J. M. T., Hedro, J., Lucas-Borja, M. E., 2018. Effects of land use and seasonality on stream water quality in a small tropical catchment: The headwater of Córrego Água Limpa, São Paulo (Brazil). *Science of the Total Environment*, 622–623, 1553–1561. Disponível: <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2017.10.028>. Acesso: 22 mai. 2019.
- Ruždjak, A. M., Ruždjak, D., 2015. Evaluation of river water quality variations using multivariate statistical techniques: Sava River (Croatia): A case study. *Environmental Monitoring and Assessment*, 187, 1–14. Disponível: <https://doi.org/10.1007/s10661-015-4393-x>. Acesso em: 22mai. 2019. Acesso: 19jun. 2019.
- Saad, A., Martinez, S., Goulart, M., Semensatto, D., Vargas, R., Andrade, M., 2016. Efeitos do uso do solo e da implantação da estação de tratamento de esgoto sobre a qualidade das águas do rio Baquirivu-Guaçu, região metropolitana de São Paulo. *Revista Brasileira de Recursos Hídricos*, 20, 147–156. Disponível: <https://doi.org/10.21168/rbrh.v20n1.p147-156>. Acesso: 12mai. 2019.
- Salto, 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, 59–72. Disponível:<https://doi.org/1815-591X>. Acesso: 15ago. 2019.
- Santos, A. R. dos, Silva, R. C. F. da, Assis, L. C. de, Mauad, F. F., 2019. Defining environmental conservation levels considering anthropic activity in the Uberaba River Basin protected area. Ambiente e Agua - An Interdisciplinary Journal of Applied Science, 14. Disponível: <https://doi.org/10.4136/ambi-agua.2279>. Acesso: 16set. 2019.
- SEIA, Sistema Estadual de Informações Ambientais. Disponível: <http://www.seia.ba.gov.br/planos-e-programas/programa-monitora>. Acesso: 09 jun. 2019.
- Sheykhi, V., Moore, F. Kavousi-fard, A., 2015. Combining self-organizing maps with WQI and PCA for assessing surface water quality – a case study, Kor River, southwest Iran Combining self-organizing maps with WQI and PCA for assessing surface water quality – a case study, Kor River, southwest Iran. International Journal of River Basin Management, (February 2015), 37–41. Disponível: <https://doi.org/10.1080/15715124.2014.963861>. Acesso: 22 mai. 2019.
- Silva, A. C. R. de S., Bernardes, M. E. C., Assireu, A. T., Siegle, E., Sousa, P. H. G. de O., Brown, D., 2018. Hydrodynamics of a tropical estuary: Buranhém river, Porto Seguro, Brazil. Revista Brasileira de Recursos Hídricos, 23. Disponível: <https://doi.org/10.1590/2318-0331.0318170141>. Acesso: 19jun. 2019.
- Silva, N. B. da, Lopes, J. O., Brito, J. D. de M., Takiyama, L. R., Montagner, A. E. A. D., Oliveira, E. D. C. de., 2018. Diagnóstico da qualidade da água em áreas utilizadas pela bubalinocultura no Baixo Araguaí, Amapá, Brasil. Biota Amazônica, 8, 22–28. Disponível: <https://doi.org/http://dx.doi.org/10.18561/2179-5746/biotaamazonia.v8n1p22-28>. Acesso: 22mai. 2019.
- Silva, P. ., Angelis, C. ., Augusto, L. ., Machado, T. ., Waichaman, A., 2008. Influência da precipitação na qualidade da água do Rio Purus. Acta Amazonica, 38, 733–742. Disponível: <https://doi.org/10.1590/S0044-59672008000400017>. Acesso: 16abr. 2019.
- Simonetti, V. C., Silva, D. C. da C. e, e Rosa, A. H., 2019. Análise da influência das atividades antrópicas sobre a qualidade da água da APA Itupararanga (SP), Brasil. Geosul, 34, 01–27. <https://doi.org/10.5007/1982-5153.2019v34n72p01>. Acesso: 16abr. 2019.
- Sousa, A. C., Marques, D. S., Santos, V. S., Souza, A. C., Figueiredo, G. A., 2019. da qualidade da água do rio Cuiá, João Pessoa-PB. Ambiência, 15, 131–145. Disponível: <https://doi.org/10.5935/ambiencia.2019.01.08>. Acesso em: 22mai. 2019.
- Souza, S. O., 2015. Geotecnologias Aplicadas À Análise Espaço-temporal Do Uso E Da Ocupação Da Terra Na Planície Costeira De Caravelas (Ba). Boletim Goiano de Geografia, 35, 71–89. Disponível: <https://doi.org/10.5216/bgg.v35i1.35485>. Acesso: 13jul. 2019.
- Tundisi, J. G., 2003. *Água no século XXI: Enfrentando a escassez*. (Rima, Org.). São Paulo.
- USGS. Serviço Geológico dos Estados Unidos, 2019. Disponível em: <https://earthexplorer.usgs.gov/>. Acesso em: ago. 2018.
- Varão, A. M., Da Silva, P. G. F., Das Virges, C. S., Soares, A. P. A., Do Rego, E. L., 2019. Avaliação da qualidade da água no Rio Grande no segmento entre estação de tratamento de esgoto do município de Barreiras – BA. Águas Subterrâneas, 33, 1–8. Disponível: <https://doi.org/10.14295/ras.v33i2.29552>. Acesso: 29ago. 2019.
- Vasco, A. N.; Britto, F. B.; Mélo Júnior, A. V.; García, C. A. B.; Nogueira, L., 2011. Avaliação espacial e temporal da qualidade da água na sub-bacia do rio Poxim, Sergipe, Brasil Assessing the spatial and temporal water quality in the sub-basin of the Poxim river, Sergipe state, Brazil. Revista Ambiente & Água, (June 2010). Disponível: <https://doi.org/10.4136/1980-993X>. Acesso: 01set. 2019.
- Veichi, Anderson de; Magalhães Junior, C. A. D. O., 2018. Aspectos positivos e negativos da cultura do eucalipto e os efeitos ambientais do seu cultivo. Revista Valor, Volta Redonda, 3. Disponível: <https://doi.org/10.22408/rev312018101495-507>. Acesso: 23out. 2019.
- Vitale, R., Westerhuis, J. A., Naes, T., Smilde, A. K., de Noord, O. E., e Ferrer, A., 2017. Selecting the number of factors in principal component analysis by permutation testing- Numerical and practical aspects. Journal of

- Chemometrics, 31, 2937. Disponível: <https://doi.org/10.1002/cem.2937>. Acesso: 22 mai. 2019.
- Vrebos, D., Beauchard, O., Meire, P., 2017. The impact of land use and spatial mediated processes on the water quality in a river system. Science of the Total Environment, 601–602, 365–373. Disponível: <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2017.05.217>. Acesso: 01 set. 2019.
- Wang, J., Liu, G., Liu, H., Lam, P. K. S., 2017. Multivariate statistical evaluation of dissolved trace elements and a water quality assessment in the middle reaches of Huaihe River, Anhui, China. Science of the Total Environment, 583, 421–431. Disponível: <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2017.01.088>. Acesso: 01 set. 2019.
- Wrublack, S. C., Mercante, E., Boas, M. A. V., Prudente, V. H. R., Silva, J. L. G., 2018. Variation of Water quality along a river in agricultural watershed with support of geographic information systems and multivariate analysis. Engenharia Agrícola, 38, 74–81. Disponível: <https://doi.org/10.1590/1809-4430-eng.agric.v38n1p74-81/2018>. Acesso: 29 ago. 2019.
- Zeinalzadeh, K., Rezaei, E., 2017. Determining spatial and temporal changes of surface water quality using principal component analysis. Journal of Hydrology: Regional Studies, 13, 1–10. Disponível: <https://doi.org/10.1016/j.ejrh.2017.07.002>. Acesso: 13 jul. 2019.