



Revista Brasileira de Geografia Física

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



Relação entre padrões de uso e ocupação do solo e qualidade da água no rio Itanhém, entre Medeiros Neto e Teixeira de Freitas, Bahia

Elissandro Santos Rocha¹, Luanna Chácara Pires², João Batista Lopes da Silva³, Allison Gonçalves Silva⁴, Ingrid Cardoso dos Santos⁵

¹ Me. em Ciências e Tecnologias Ambientais, Assistente em Administração no Campus Paulo Freire da Universidade Federal do Sul da Bahia, Praça Joana Angélica, São José 250, CEP 45988-058, Teixeira de Freitas, Bahia. (73) 3291-2089. elissandro.rocha@ufsb.edu.br. ² Professora Dr^a. Associada II na Universidade Federal do Sul da Bahia (UFSB), Praça Joana Angélica, São José 250, CEP 45988-058, Teixeira de Freitas, Bahia. (73) 3291-2089. luanna@ufsb.edu.br. ³ Professor Dr. Associado II na Universidade Federal do Sul da Bahia (UFSB), Praça Joana Angélica, São José 250, CEP 45988-058, Teixeira de Freitas, Bahia. (73) 3291-2089. silvajbl@ufsb.edu.br. ⁴ Professor Dr. Adjunto do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia da Bahia (IFBA), BR 367, Km 57, Fontana I, s/n, CEP 45810-000, Porto Seguro, Bahia. (73) 3283-6820. allisongoncalves80@gmail.com.br. ⁵ Bolsista de Iniciação Científica, Bacharelado Interdisciplinar em Ciências, no Campus Paulo Freire da Universidade Federal do Sul da Bahia, Praça Joana Angélica, São José 250, CEP 45988-058, Teixeira de Freitas, Bahia. (73) 3291-2089. ingrid.cardoso.5815@gmail.com.

Artigo recebido em 28/08/2022 e aceito em 05/01/2023

RESUMO

Os objetivos desta pesquisa foram caracterizar a variabilidade temporal e espacial da qualidade da água em um trecho do rio Itanhém afetado pela urbanização e avaliar a relação entre a qualidade da água e o uso do solo. Foram coletadas amostras de água entre agosto de 2018 a julho de 2019 e em oito seções ao longo do curso d'água. Em cada amostra foram determinados os seguintes parâmetros: ORP (Potencial de Oxidação e Redução), OD (Oxigênio Dissolvido), pH (Potencial Hidrogeniônico), salinidade, temperatura, condutividade, TDS (Sólidos Totais Dissolvidos), Amônia, Nitrito, Nitrato, DBO (Demanda Bioquímica de Oxigênio) e Coliformes Termotolerantes. Após a realização das análises constatou-se que os solos do tipo pastagem, mosaico de agricultura e formação florestal apresentaram maior coeficiente de variação (CV%) nos oito pontos, e que os resultados para os indicadores pH, OD e temperatura apresentaram maior precisão, com (CV%) menor que 21,84% e as variáveis vazão do dia de coleta, nitrito, nitrato, amônia e DBO apresentaram grande dispersão entre os períodos de coleta. Dos 19 componentes principais avaliados constatou-se que oito apresentaram autovalor significativo ($>0,7$) sendo que 11 (57,89%) são passíveis de descarte por apresentarem autovalor inferior a 0,7. Os três primeiros componentes principais foram selecionados, explicando 53,64% da variação total dos dados. Alguns componentes avaliados se mostraram úteis na realização de pesquisas que envolvam qualidade da água, enquanto outras variáveis apresentam baixa relevância e podem ser desconsideradas em estudos relacionados ao tema.

Palavras-chave: análise de componentes principais; recursos hídricos; uso do solo

Relationship between land use and water quality in the Itanhém river, between Medeiros Neto and Teixeira de Freitas, Bahia

ABSTRACT

The aim of this research were to characterize the temporal and spatial variability of water quality in a stretch of Itanhém river affected by urbanization and to evaluate the relationship between water quality and land use. Water samples were collected from august 2018 to july 2019 and in eight sections along the watercourse. In each sample the following parameters were determined: ORP (Oxidation and Reduction Potential), OD (Dissolved Oxygen), pH (Hydrogenionic Potential), salinity, temperature, conductivity, TDS (Total Dissolved Solids), Ammonia, Nitrite, Nitrate, BOD (Biochemical Oxygen Demand) and Thermotolerant Coliforms. After the analysis, it was found that the soils of the pasture type, mosaic of agriculture and forest formation presented higher coefficient of variation (CV%) in the eight points, and that the results for the indicators pH, OD and temperature presented greater precision, With (CV%) less than 21,84% and the variables flow rate of the collection day, nitrite, nitrate, ammonia and BOD showed great dispersion between the collection periods, Of the 19 main components evaluated, it was found that eight had a significant eigenvalue ($> 0,7$) and 11 (57,89%) were discarded due to their eigenvalue below 0,7, The first three main components were selected, accounting for 53,64% of the total data variation, Some evaluated components proved to be useful in conducting research involving water quality, while other variables have low relevance and may be disregarded in studies related to the theme.

Keywords: principal component analysis; water resources; use of the soil.

Introdução

A contaminação das bacias hidrográficas resultante das atividades antropogênicas constitui uma das grandes preocupações ecológicas dos últimos anos. A falta e/ou má gestão do uso do solo, aliada ao crescimento da população e à expansão industrial, tem provocado o decréscimo da qualidade da água de rios, lagos e reservatórios (Allan, 2004; Menezes et al., 2014; Dupasa et al., 2015; Fia et al., 2015; Menezes et al., 2016). Os rios são vulneráveis às transformações nos ecossistemas, uma vez que integram a paisagem e suas características físico-químicas refletem tanto a configuração geológica que drenam quanto os insumos da bacia circundante (Allan, 2004; Pickett et al., 2011).

No Extremo Sul da Bahia, a bacia do rio Itanhém é responsável pelo abastecimento de água nos municípios de Teixeira de Freitas, Medeiros Neto e Itanhém, enquanto no Estado de Minas Gerais é responsável pelo abastecimento dos municípios de Umburatiba, Machacalis, Bertópolis, Santa Helena de Minas e Fronteira dos Valos. Esse rio, também chamado de Alcobaça, atende a uma população estimada de 227 654 pessoas (CEMIG, 2008) que dependem do rio de forma direta ou indireta para o desenvolvimento das mais diversas atividades, tais como: domésticas, lazer, uso comercial, irrigação de lavouras, aquicultura, agropecuária e industrial. Apesar da importância social e econômica do rio Itanhém, ele enfrenta lançamento diários de efluentes domésticos, industriais e agroindustriais não tratados lançados diretamente em seu curso de água.

Um rio eutrofizado, com alta carga de nutrientes e poluentes, apresenta poucos organismos simples habitando aquele local e alguns organismos complexos mais resistentes, a exemplo de peixes pulmonados. Em ambientes ricos em nitrogênio e fósforo provenientes de esgotos domésticos, industriais e atividades agrícolas, as cianobactérias quase sempre constituem o grupo fitoplânctônico dominante, levando em muitos casos à eutrofização (FUNASA, 2014). Desta forma, estudos em que se tem como objetivo principal avaliar a qualidade da água do rio, lago ou um riacho são de grande relevância a favor da sua conservação. Para o monitoramento e interpretação mais clara da qualidade da água é comum utilizar o Índice de Qualidade das Águas (IQA), que é o principal indicador qualitativo usado no país pelos órgãos de controle de qualidade. Este índice foi desenvolvido

para avaliar a qualidade da água para o abastecimento público, após o tratamento convencional, sendo de fácil interpretação, pois é expresso numa escala numérica entre 0 a 100, com valor 0 (zero) a pior qualidade e 100 (cem) a melhor qualidade da água. O IQA é calculado considerando-se os seguintes parâmetros: temperatura da água, pH, oxigênio dissolvido, resíduo total, demanda bioquímica de oxigênio (DBO), coliformes termotolerantes, nitrogênio total, fósforo total e turbidez (ANA, 2018).

Existem inúmeras formas de para elaboração de um índice de qualidade de água (IQA), sendo que a maioria é baseada no cálculo de IQA desenvolvido pela National Sanitation Foundation (IQANSF) (Flores, 2002). Porém, o índice proposto por IQANSF, assim como a adaptação realizada pela Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental de São Paulo – CETESB (IQACETESB) não são passíveis de alterações, devido aos pesos específicos dada a cada variável. Como qualquer índice proposto em que há pesos pré-estabelecidos embutidos a cada variável, fica difícil calcular o índice quando não se mede uma das variáveis indicadas pelo IQANSF e IQACETESB. Porém, é possível elencar quais são os parâmetros mais importantes, ou mais influentes, para o cálculo do IQA. Para isto, utiliza-se técnicas estatísticas como a Análise de Componentes Principais (ACP) que tem como finalidade resumir o conjunto de variáveis originais em poucos componentes e demonstrar a formação de grupos pelos indivíduos. O critério para descarte de variáveis à ACP segue as recomendações de Jolliffe (1973), baseado em dados simulados e reais, a partir da matriz de correlação estabelece que o número de variáveis descartadas deva ser igual ao de componentes cuja variância (autovalor) é inferior a 0,7 (Pires et al, 2012).

Assim, pode-se fazer uso da técnica de ACP, que tem por objetivos reduzir a informação contida no complexo de variáveis originais por meio da eliminação das informações redundantes (Khattree; Naik, 2000) e reduzir a dimensionalidade espacial dos dados. Esta análise de componentes principais pode, ainda, revelar relações não identificadas previamente, contribuindo para melhor interpretação dos dados (Baker et al., 1988).

Diante deste contexto, verifica-se a necessidade de um planejamento para a ocupação da região em que está inserido o trecho do rio Itanhém e um monitoramento contínuo de suas

águas. Tal monitoramento visa o controle da qualidade da água e busca avaliar diversos parâmetros, os quais muitas vezes são difíceis de analisar e interpretar devido à grande quantidade de dados, principalmente se as coletas e as análises de água ocorrerem por muitos anos. A fim de suplantar esse obstáculo é feita a utilização de abordagens multivariadas como a Análise Fatorial (AF) e a ACP que são úteis para obter informações significativas, promovendo a redução do número de variáveis com o mínimo de perdas das informações (Liao et al., 2008; Bernardi et al., 2009; Autin; Edwards., 2010; Vanzela et al., 2010; Akbar et al., 2011; Mendonça; Souza, 2011; Spezia et al., 2011; Tu, 2011; Baborowski et al., 2012; Guedes et al., 2012; Sheela et al., 2012; Rocha; Pereira, 2014).

Guedes et al. (2012) no estudo da qualidade da água do Rio Pomba – MG constataram que a ACP resultou na redução de 3 das 18 variáveis analisadas. Isso porque as variáveis limnológicas nitrato, pH e detrito, não se mostraram significativas na explicação da variância total. Desse modo, podem ser desconsideradas no estudo de qualidade de água. No referido estudo, a seleção do número de componentes teve como base os princípios sugeridos por Jolliffe (1973) de que a porcentagem acumulada da variância total entre 70 e 90% oferecem uma ideia razoável da representação da variância original, ou seja, adotou-se, como critério para a seleção dos componentes principais, a porcentagem acumulada da variância total dos dados originais de 70%.

Girão et al, (2007) ao selecionarem indicadores da qualidade de água no rio Jaibaras pelo emprego da ACP verificaram que a correlação positiva entre amônia e nitrato pode ser resultante da decomposição da matéria orgânica em condições anaeróbias em que a amônia e o nitrato são indicativos do grau de poluição do corpo d'água pelo lançamento de efluentes domésticos e industriais, e lixiviação de solos onde foram aplicados fertilizantes nitrogenados. Além disso, assevera que as variáveis NO_3^- , pH e HCO_3^- que expressam os riscos da poluição orgânica. Ao passo que os parâmetros NH_4^+ e o NO_3^- estão relacionados à poluição do corpo d'água pelo lançamento de efluentes domésticos, terras cultivadas e lixiviação de solos.

Portanto, neste trabalho objetivou-se caracterizar a variabilidade temporal e espacial da qualidade da água em um trecho do rio Itanhém afetado pela urbanização, avaliar a relação entre a qualidade da água e o uso do solo e selecionar os

parâmetros mais relevantes para monitoramento verificando pela Análise de Componentes Principais os parâmetros que melhor explicam a variância total dos dados, ou seja, os mais relevantes para esse trecho do rio.

Material e métodos

Essa pesquisa foi desenvolvida em um trecho do rio Itanhém que corta os municípios de Teixeira de Freitas e Medeiros Neto, ambos localizados no Extremo Sul baiano. Nesta área, foram delimitados oito pontos de amostragem selecionados em função da concentração populacional no seu entorno e dos diversos usos antrópicos, seja para cultivar a terra, para armazenar água, para as atividades domésticas, lazer ou para o descarte de esgoto bruto e/ou tratado, que podem contribuir para alguma forma de contaminação e ou poluição. O período experimental foi entre agosto de 2018 a julho de 2019, e em cada ponto avaliado foi coletado três amostras, ou seja, realizou-se três leituras a uma distância aproximada de 1,5 metros uma da outra. Para realização das análises laboratoriais, foram simultaneamente coletadas três amostras da água, em cada ponto, formando a amostra composta.

Portanto, foram avaliados oito pontos (Tabela 1 e figuras 1 e 2) em dois deles existem estações fluviométricas, uma em Medeiros Neto (55460000), sob a ponte localizada no centro da cidade (BA 690), e outra em Teixeira de Freitas (55490000), na ponte da BA 290, na saída para Alcobaca-BA, as quais tiveram seus dados considerados para medição de níveis, vazão e velocidade da água naquela porção do rio durante o período experimental compreendido. Os outros seis pontos foram em localidades estratégicas entre os municípios de Teixeira de Freitas e Medeiros Neto, principalmente antes e depois de núcleos urbanos a fim de analisar as influências exercidas por estas localidades.

Medição dos Parâmetros

As coletas foram realizadas mensalmente nos oito pontos supracitados, realizando-se três leituras in loco, por meio da sonda multiparâmetros HI 9829 HANNA Instrumentos®, para obtenção dos seguintes parâmetros: Oxigênio Dissolvido (DO), potencial hidrogeniônico (pH), salinidade (PSU), condutividade elétrica (Cm), total de sólidos dissolvidos (TDS), potencial de oxirredução (ORP) e temperatura (Temp). Utilizou-se três béqueres para inserção dos

sensores da sonda. Das mesmas amostras, extraiu-se cerca de 1000mL, em uma garrafa plástica, previamente higienizada, obtendo-se assim uma amostra composta para realização das análises e

obtenção dos níveis de Amônia (NH_3), Nitrito (NO_2^-), Nitrato (NO_3^-) e Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO), no Laboratório de Química do Instituto Federal da Bahia, em Porto Seguro.

Tabela 1. Localização e descrição dos pontos de coleta estudados no rio Itanhém entre Medeiros Neto e Teixeira de Freitas-BA

Pontos	Latitude	Longitude	Descrição do ponto
P1	-17,3730°	-40,2307°	Próximo a ponte, antes da entrada do rio na cidade de Medeiros Neto.
P2	-17,3754°	-40,2213°	Dentro da cidade de Medeiros Neto e próximo a estação fluviométrica (55460000), sofre com lançamentos de efluentes sem tratamento.
P3	-17,4366°	-40,1323°	Aos fundos da usina Santa Maria.
P4	-17,4365°	-39,9412°	Antes da entrada do rio no povoado de Nova Lídice.
P5	-17,4343°	-39,9361°	Dentro do povoado de Nova Lídice, também possui lançamento de efluentes sem tratamento.
P6	-17,5096°	-39,7212°	Ponto de coleta da ETA-EMBASA de Teixeira de Freitas.
P7	-17,5112°	-39,7049°	Sob a ponte BR 101 em Teixeira de Freitas, lançamento de rejeitos de um frigorífico.
P8	-17,5123°	-39,6452°	Abaixo da ponte da BA 290, esta após a cidade de Teixeira de Freitas, próxima a estação fluviométrica (55490000), lançamento de efluentes tratados.

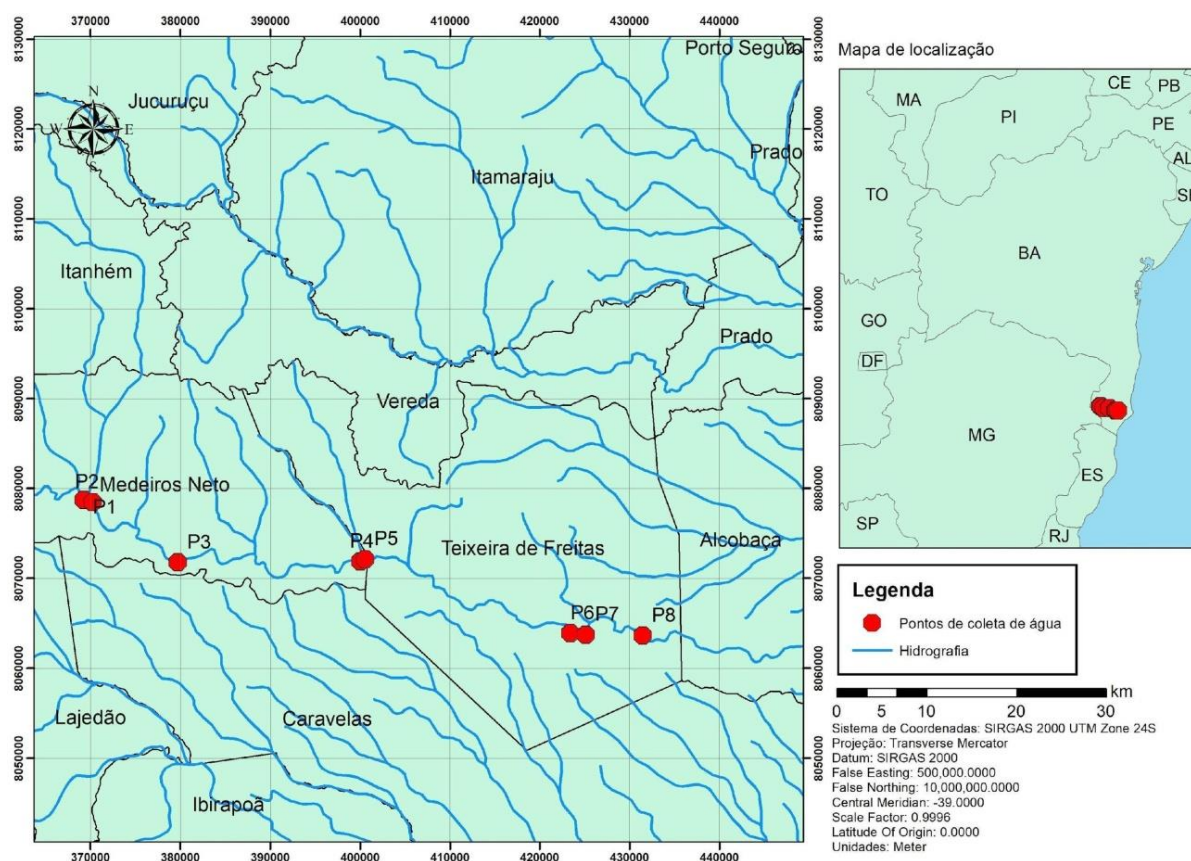


Figura 1. Identificação dos pontos de coleta e amostragem (P1 a P8) do rio Itanhém entre as cidades de Medeiros Neto e Teixeira de Freitas.

Simultaneamente, foram coletadas três amostras da água, em cada ponto, para verificação de coliformes termotolerantes (CT) no Laboratório de Microbiologia da Universidade do Estado da Bahia, no Campus X de Teixeira de Freitas. Utilizou-se da técnica no Número Mais Provável (NMP), visando observar os parâmetros estabelecidos pela CONAMA 357/2005. Tal

resolução estabelece, em seu artigo 15, inciso II, para as águas doces de classe 2, que, para os usos que não impliquem lazer, “[...] não deverá ser excedido um limite de 1,000 coliformes termotolerantes por 100 mililitros em 80% ou mais de pelo menos 6 (seis) amostras coletadas durante o período de um ano, com frequência bimestral” (BRASIL, 2005).



P1 - Próximo a ponte, antes da entrada do rio na cidade de Medeiros Neto.



P2 - Dentro da cidade de Medeiros Neto e próximo à estação fluviométrica (55460000), possui lançamentos de efluentes sem tratamento.



P3 - Aos fundos da usina Santa Maria.



P4 - Antes da entrada do rio no povoado de Nova Lídice.



P5 - Dentro do povoado de Nova Lídice, também possui lançamento de efluentes sem tratamento.



P6 - Ponto de coleta da ETA-EMBASA de Teixeira de Freitas.



P7 - Sob a ponte BR 101 em Teixeira de Freitas, lançamento de rejeitos de um frigorífico.



P8 - Abaixo da ponte da BA 290, esta após a cidade de Teixeira de Freitas, próxima a estação fluviométrica (55490000).

Figura 2. Fotos dos oito pontos de coleta no rio Itanhém, entre Medeiros Neto e Teixeira de Freitas – BA, utilizados para a realização das análises de qualidade da água

As amostras para CT foram coletadas observando-se o disposto no Guia Nacional de Conservação de Amostras, utilizando-se três frascos de vidro âmbar de 200 mL, para cada ponto, previamente esterilizados em autoclave a uma temperatura de 121°C, durante 15 min, e mergulhados a uma profundidade aproximada de 30cm diretamente no corpo d'água. Os frascos contendo as amostras foram lacrados e armazenados em uma caixa térmica com duas placas de gelo para evitar a elevação da temperatura, e em seguida transportados até o laboratório, onde foram realizadas as homogeneizações das amostras, que para manipulação foram posicionadas atrás do bico de Bunsen, abertas e despejadas em um béquer esterilizado para realização das análises microbiológicas e determinação de presença ou não de CT e para contagem bacteriológica através da tabela NMP.

Para análise da DBO utilizou-se o método de determinação, demanda bioquímica de oxigênio – 5 dias a 20°C – ($DBO_{5,20}$) chamado teste de $DBO_{5,20}$, com semente. Na determinação de Amônia, Nitrito, Nitrato, após filtragem da amostra, foi aplicado o método colorimétrico, e as respectivas leituras foram realizadas com o auxílio de espectrofotômetro, medindo-se a absorbância na célula apropriada respectivamente a 640, 540 e 540 nm.

O parâmetro utilizado foi o Índice de Qualidade de Água (IQA), desenvolvido pela National Sanitation Foundation (NSF), para medir a qualidade da água do rio Itanhém. Comparou-se os dados obtidos com os valores que são recomendados pela Resolução CONAMA

357/2005, que estabelece os critérios para determinação da qualidade da água em rios de classe 2, que são corpos d'água que podem ser destinadas ao abastecimento para consumo humano, após tratamento convencional, bem como permitem o contato primário com a pele em atividades de recreação, segundo a mesma Resolução.

Uso e ocupação do Solo

Com o objetivo de relacionar a qualidade da água ao uso e ocupação do solo naquele trecho do rio, realizou-se o fracionamento da área da bacia hidrográfica utilizando-se o software ArcGIS®, evidenciando-se assim a área de contribuição da bacia em cada ponto de coleta, bem como as principais atividades econômicas desenvolvidas próximo a cada ponto dentro da bacia hidrográfica, podendo associar o nível de nutrientes encontrados na água com as respectivas culturas desenvolvidas no entorno (Figura 3).

A área da bacia hidrográfica foi fracionada em microbacias de contribuição objetivando relacionar a qualidade da água ao uso e ocupação do solo naquele trecho do rio, utilizando-se o software ArcGIS®. Para os usos e ocupação do solo foram utilizados dados do MapBiomas (Souza et al., 2020) para cada uma das sub-bacias com as seguintes classes de usos: Formação Florestal; Floresta Plantada; Pastagem; Mosaico de Agricultura e Pastagem; Cultura Anual e Perene; e Infraestrutura Urbana. A partir disso, foi possível determinar a área em km² ocupada por cada tipo de vegetação, em cada sub-bacia, para facilitar no tratamento dos dados (Figura 4 e Tabela 2).

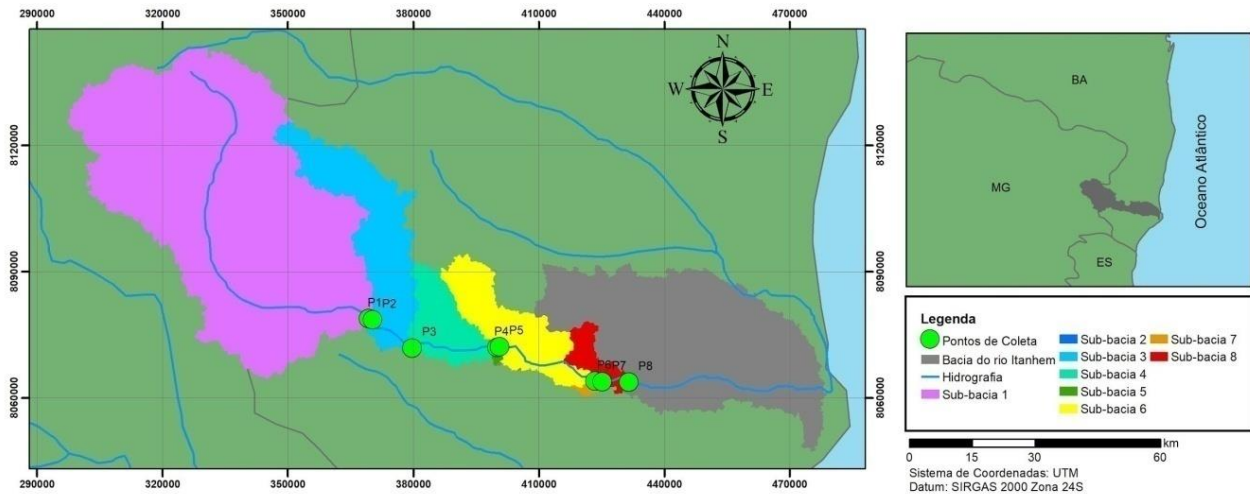


Figura 3. Área de contribuição da bacia hidrográfica do rio Itanhém por pontos de coleta.

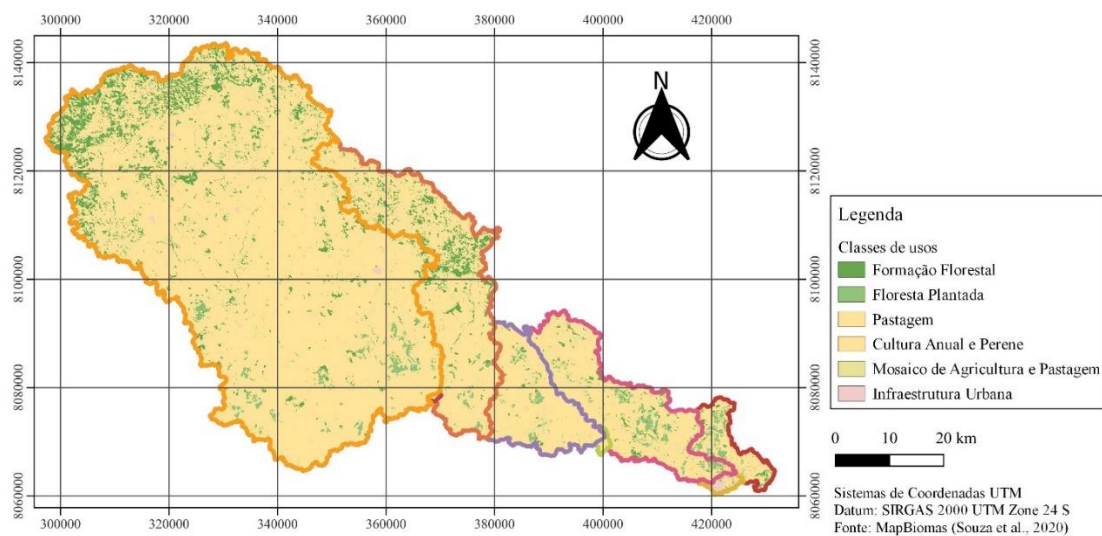


Figura 4. Mapa de uso e ocupação do solo das sub-bacias a montante dos pontos de coleta no rio Itanhém.

Tabela 2. Área em km² das classes de uso principais de cada sub-bacia a montante dos pontos de coleta do rio Itanhém

Classe de uso	Sub-Bacia 1 (km ²)	Sub-Bacia 2 (km ²)	Sub-Bacia 3 (km ²)	Sub-Bacia 4 (km ²)	Sub-Bacia 5 (km ²)	Sub-Bacia 6 (km ²)	Sub-Bacia 7 (km ²)	Sub-Bacia 8 (km ²)
Formação Florestal	282,51	282,43	360,25	365,85	365,85	385,59	386,37	392,53
Floresta Plantada	33,06	33,06	39,62	49,31	49,31	74,50	74,81	94,20
Pastagem	2481,08	2481,56	2957,25	3186,75	3193,19	3520,70	3526,97	3596,54
Cultura Anual e Perene	172,57	172,22	184,92	199,82	199,82	200,46	200,53	200,86
Mosaico de Agricultura e Pastagem	247,24	247,21	318,11	333,71	333,76	374,66	376,95	384,11
Infraestrutura Urbana	3,84	4,25	6,08	6,22	6,37	6,66	13,85	14,04

Os dados de todos os parâmetros coletados e mensurados, antes da aplicação de algum método multivariado, foram submetidos a análises exploratórias para investigar a existência de valores discrepantes devido a erros na coleta e/ou escrita, descartando informações incompatíveis e

eliminando coletas nos pontos com informações perdidas. As variáveis foram submetidas à análise de componentes principais (ACP), com a finalidade de resumir o conjunto de variáveis originais em poucos componentes e de demonstrar a formação de grupos pelos pontos e campanhas.

Em razão da existência de variáveis com medidas em unidades diferentes (medidas lineares e razões entre elas), foi necessária a padronização dessas variáveis X_j ($j = 1, 2, \dots, p$) nesse caso, a estrutura de dependência de X_j foi dada pela matriz de correlação R . O critério para descarte de variáveis seguiu as recomendações de Jolliffe (1973), baseado em dados simulados e reais, com ACP a partir da matriz de correlação de Spearman. Estabeleceu-se que o número de variáveis descartadas deve ser igual ao de componentes cuja variância (autovalor) é inferior a 0,7. Todas as análises estatísticas foram realizadas com o auxílio do software SAS® University Edition.

Resultados e discussão

De acordo com a descrição dos usos e coberturas vegetais mapeados, constatou-se que os solos do tipo pastagem, mosaico de agricultura e pastagem, formação florestal e cultura anual e perene obtiveram os menores coeficientes de variação (CV %) nos oito pontos avaliados no trecho do rio Itanhém, porém para ocupação do solo com infraestrutura urbana verificou-se maior dispersão relativa devido às diferenças entre os pontos amostrados conforme relatado na Figura 1 e Tabela 1. Para os parâmetros físicos pH, Temp e DO, o CV das características mostrou precisão das estimativas por apresentaram valores inferiores a 21,84%. Para as variáveis vazão no dia da coleta, NO_3^- , NO_2^- , DBO e NH_3 observaram-se as maiores dispersões relativas com CV variando de 159,06% a 57,52% (Tabela 3). A variação na vazão visualizada reflete diretamente na qualidade da água, principalmente na diluição de alguns poluentes, que podem tornar-se tóxicos em uma determinada concentração, além de poder levar a eutrofização e à acidificação dos rios (Nilsson e Renöfält, 2008; Menezes et al., 2016).

Ainda que a área de contribuição da bacia do rio Itanhém contenha na sua totalidade área ocupada por pastagem (76,59%), nos pontos amostrados possuem áreas florestais que permitem a manutenção da qualidade da água em função do efeito filtro da vegetação, que reduz os valores de nutrientes arrastados pela enxurrada em áreas descobertas, elevando a importância da manutenção da mata e reflorestamento em pontos nos quais a sua existência é baixa ou nula. A vegetação ripária tem influência direta sob uma bacia hidrográfica e seus efeitos positivos vão desde a preservação do equilíbrio da vida a manutenção do solo, evitando assoreamento das margens dos rios.

Tabela 3. Médias e desvios padrões dos tipos de ocupação do solo, parâmetros físicos, químicos e biológicos dos oito pontos amostrados no rio Itanhém

Variável	Média	DP	CV
Formação florestal (%)	8,69	0,29	3,33
Floresta plantada (%)	1,34	0,34	26,05
Pastagem (%)	76,59	0,22	0,28
Mosaico de agricultura e pastagem (%)	8,02	0,22	2,70
Cultura anual e perene (%)	4,77	0,39	8,23
Infraestrutura urbana (%)	0,18	0,07	37,81
pH	7,17	0,43	5,94
ORP	168,60	43,05	25,53
DO	9,05	1,98	21,84
Cm	202,41	78,37	38,72
TDS	101,08	39,28	38,87
PSU	0,09	0,04	39,84
Temp	27,75	2,58	9,28
CT	3,21	0,76	23,58
DBO	6,13	3,66	59,79
NH_3	0,42	0,24	57,52
NO_2^-	0,04	0,03	64,48
NO_3^-	0,20	0,20	99,17
Vazão	27,03	42,99	159,06

Em que: pH – potencial hidrogênico; ORP - Milivolt-potencial de redução da oxidação; DO (ppm) – oxigênio dissolvido (ppm); Cm (μS) – Condutividade; TDS - Sólidos totais (mg/L); PSU – Salinidade (%); Temp – Temperatura ($^{\circ}\text{C}$); CT – Coliformes termotolerantes; DBO (mg/L) – Demanda bioquímica de oxigênio 100; NO_2^- – Nitrito (mg/L); NO_3^- – Nitrato (mg/L); NH_3 – Amônia (mg/L); Vazão (m^3/s).

Há uma predominância na ocupação por pasto, ocupando cerca de 76,59% da área da bacia em estudo, e embora a região também seja grande produtora de eucalipto e cana-de-açúcar, essas culturas não representam grandes áreas dentro das sub-bacias do rio Itanhém. Pereira et al. (2016) em um estudo na bacia hidrográfica do rio Peixe-Boi, PA, identificou que a classe de maior incidência na referida bacia foi de pastagem, ocupando mais de 54% da área total da bacia hidrográfica, o que, segundo ele, revela uma intensa atividade antrópica e grandes mudanças na paisagem natural.

Em contraposição ao tamanho da área utilizada e seus respectivos impactos, destaca-se a área da bacia ocupada por aglomerados urbanos, que representa apenas 0,18% da área da bacia e nestas áreas o rio apresenta os piores resultados para maioria dos indicadores de qualidade

avaliados, mostrando um grande impacto gerado pela ação direta de seres humanos, usuários do ecossistema aquático.

A fim de comparar e analisar os parâmetros de qualidade da água entre os pontos monitorados, foi aplicada a Análise de Componentes Principais (ACP) aos dados padronizados. De acordo com os resultados obtidos na Tabela 4 e na Figura 5 para os componentes principais, seus respectivos autovalores e porcentagens da variância explicada dos 19 componentes principais, 11 autovalores de 19 (57,89%) apresentaram variância inferior a 0,7 (autovalor inferior a 0,7). Portanto, 11 variáveis são passíveis de descarte. Os três primeiros componentes principais foram selecionados, explicando 53,64% da variação total dos dados.

O comportamento das variáveis de qualidade de água no trecho do rio Itanhém mais satisfatório foi aquele composto por cinco componentes (C1, C2, C3, C4 e C5). A seleção do número de componentes teve como base os princípios sugeridos por Jolliffe (1973), ou seja, a porcentagem acumulada da variância total entre 70 e 90% oferecem uma ideia razoável da representação da variância original. As 11 variáveis que apresentaram maiores coeficientes, em valor absoluto, a partir do último componente principal, podem ser descartadas. Assim, os parâmetros sugeridos para descarte, em ordem de menor importância para explicar a variação total, foram: Cultura anual e perene, TDS, Formação florestal, PSU, Pastagem, Infraestrutura urbana, DBO, NO_3^- , DO, NO_2^- e pH.

Considerando-se os resultados, recomenda-se que as seguintes variáveis sejam mantidas em estudos futuros: NH_3 , EC, Vazão, Cm, Mosaico de agricultura e pastagem, Cultura anual e perene, ORP e Temp. Para outro conjunto de dados, além desta amostragem, os resultados das variáveis que devem ser mantidas ou descartadas para o estudo da divergência entre elas podem, contudo, diferir deste resultado, precisando investigar cada situação. Observa-se que as características sugeridas para descarte apresentaram correlação linear simples e significativa com as demais, ou seja, são redundantes.

Tabela 4. Componentes Principais (CP), autovalores (λ_i) e porcentagem da variância explicada pelos componentes (%VCP) dos tipos de ocupação do solo, parâmetros físicos, químicos e biológicos dos oito pontos avaliados no rio Itanhém

CP	λ_i	Variação Simples (%)	Variação acumulada (%)
1	4,5250	23,82	23,82
2	3,5852	18,87	42,69
3	2,0817	10,96	53,64
4	1,7829	9,38	63,03
5	1,3966	7,35	70,38
6	1,3209	6,95	77,33
7	0,9841	5,18	82,51
8	0,9558	5,03	87,54
9	0,6801	3,58	91,12
10	0,5467	2,88	94,00
11	0,3596	1,89	95,89
12	0,2895	1,52	97,41
13	0,2164	1,14	98,55
14	0,1783	0,94	99,49
15	0,0875	0,46	99,95
16	0,0047	0,02	99,97
17	0,0035	0,02	99,99
18	0,0014	0,01	100,00
19	0,0000	0,00	100,00

Na representação gráfica da distribuição dos oito pontos segundo os componentes principais 1 e 2 (Figura 6), observa-se que os pontos 1 e 2 ocuparam predominantemente os dois quadrantes do lado esquerdo, enquanto os pontos 7 e 8 ocuparam, em maior ocorrência, o quadrante superior direito. A dispersão do ponto 6, localizado no ponto de captação da EMBASA, foi o que ficou mais concentrada em comparação com todos os demais pontos amostrados se localizando no quadrante inferior direito. Mesmo com maior proximidade geográfica entre os pontos 4 e 5, eles foram os mais dispersos, ou seja, para as variáveis estudadas os pontos a montante do povoado de Nova Lídice e à jusante do povoado de Nova Lídice foram os mais discrepantes. Para as variáveis analisadas, os agrupamentos dos pontos levaram em conta a proximidade geográfica dos mesmos, ou seja, agruparam-se na Figura 6 à semelhança da proximidade física dos pontos amostrados no rio Itanhém.

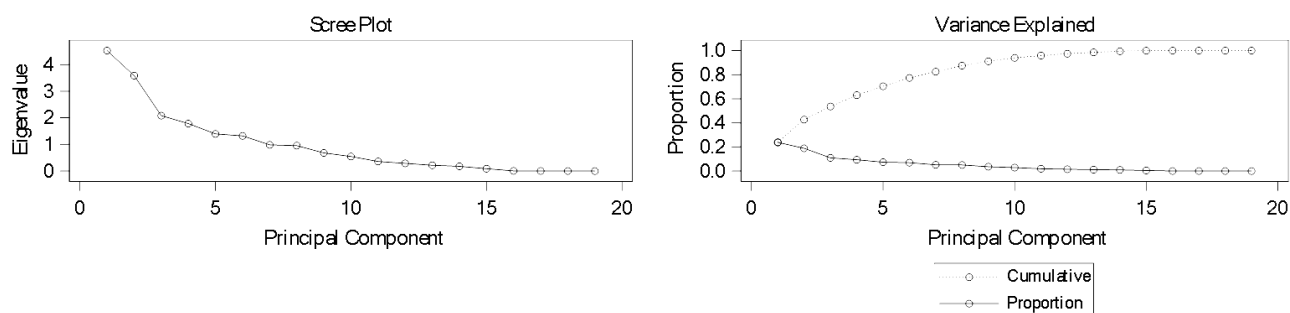


Figura 5. Gráficos da relação dos autovalores com os componentes principais e da variação explicada pelos componentes principais dos tipos de ocupação do solo, parâmetros físicos, químicos e biológicos dos oito pontos avaliados no rio Itanhém

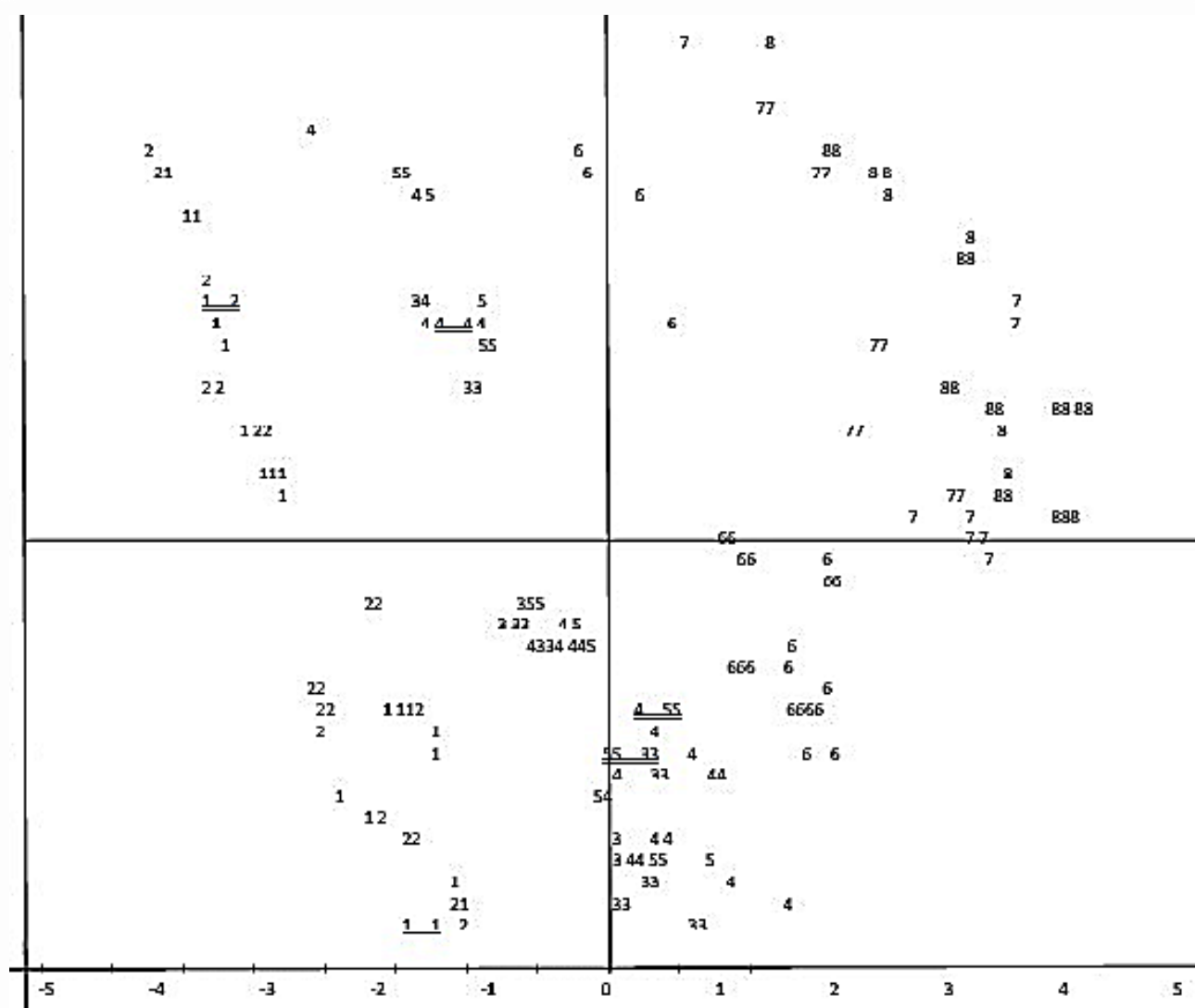


Figura 6. Dispersão gráfica dos escores dos oito pontos amostrados no rio Itanhém, em relação aos componentes principais (CP) 1 e 2. Em que os números representam os respectivos pontos amostrados no rio Itanhém.

Na Figura 7, observa-se que os diferentes tipos de uso e ocupação do solo como Floresta Plantada, Pastagem e Infraestrutura Urbana mantiveram-se próximos dos parâmetros nitrito e

nitrito) e ORP, já para Formação Florestal e Cultura Anual e Perene observaram que se agruparam no quadrante inferior direito enquanto para o tipo de uso e ocupação do solo em Mosaico

de Agricultura e Pastagem verificou-se que a maioria dos parâmetros estão próximos, ou seja, há maior influência devido a existência de fontes difusas de contaminação, oriundas de áreas urbanas e agrícolas.

Os agrupamentos apresentados na Figura 6 representam as fontes de poluição antropogênica e pode ser explicado pelos altos cargas de matéria

orgânica, que consomem grandes quantidades de oxigênio, o qual passa por processos de fermentação anaeróbia, levando à formação de amônia, o que corrobora com Liu et al, (2003) e Menezes et al, (2016).

Tabela 5. Correlação de Spearman entre as variáveis avaliadas e componentes principais 1, 2 e 3.

	TDS	PSU	Temp	CT	DBO	AMON	NITRI	NITRA	VAZ
CP1	-0,33***	-0,34***	0,44***	-0,18**	-0,11 ^{ns}	0,03 ^{ns}	0,24***	0,07 ^{ns}	-0,06 ^{ns}
CP2	0,85***	0,85***	-0,16**	0,31***	0,00 ^{ns}	-0,12 ^{ns}	0,61***	0,42***	0,69***
CP3	0,18**	0,19**	-0,24***	0,10 ^{ns}	-0,86***	0,17*	-0,00 ^{ns}	-0,09 ^{ns}	0,42***

Em que: *** correlação significativa ao nível de $p < 0,001$; ** correlação significativa ao nível de $p < 0,01$; * correlação significativa ao nível de $p < 0,05$; ^{ns} correlação não significativa ao nível de $p < 0,05$.

Na Tabela 5 verificou-se os coeficientes de correlação de Spearman com os escores da contribuição de cada variável para os dois primeiros componentes principais, em que se verificou fortes correlações dos todos os tipos de uso e ocupação do solo e moderada com pH em relação ao CP1. As variáveis: nitrito, nitrato, amônia, vazão e DBO foram não significativas em relação ao CP1, Já em relação ao CP2, observou-se forte correlação com os parâmetros físicos TDS, Cm e PSU.

Na avaliação da relação do uso do solo na qualidade da água, a análise de correlação entre a qualidade da água e os diferentes tipos de uso e ocupação do solo mostra significativa relação entre os pontos avaliados por meio do teste de correlação de Spearman (Tabela 6). Verificou-se que a ocupação do solo com formação florestal teve forte e significativa correlação com as ocupações dos tipos cultura anual e perene (0,55) e floresta plantada (-0,72), correlação moderada, porém negativa, com nitrito (-0,46). A vazão no dia da coleta teve correlação significativa e moderada com nitrito (0,59), PSU (0,46), TDS (0,45) e DBO (-0,37). As áreas urbanas correlacionaram-se com as maiores concentrações de nitrito, pH e temperatura (Tabela 6). As áreas com vegetação estão associadas com a maioria das variáveis de qualidade da água nos pontos amostrados no rio Itanhém. Além disso, a proporção de áreas verdes tem sido associada com a redução das concentrações de alguns nutrientes, como de nitrito, nitrato, amônia e CT.

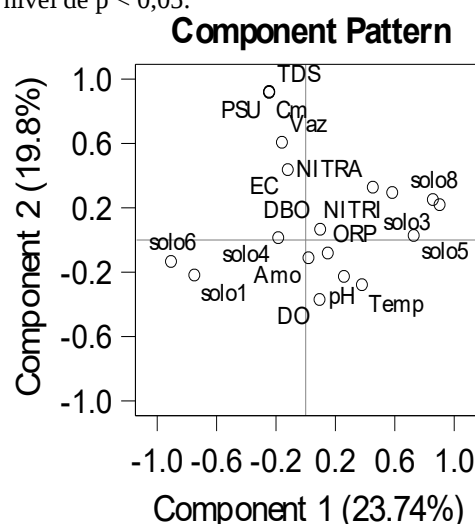


Figura 7. Análise de componente principal (ACP) dos parâmetros de qualidade da água nos oito pontos amostrados no rio Itanhém nos dois períodos estudados.

Em que: pH – potencial hidrogênico; ORP - Milivolt-potencial de redução da oxidação; DO (ppm) – oxigênio dissolvido (ppm); Cm (μ S) – Condutividade; TDS - Sólidos totais (mg/L); PSU – Salinidade (%); Temp – Temperatura ($^{\circ}$ C); EC – Coliformes termotolerantes; DBO (mg/L) – Demanda bioquímica de oxigênio 100; NITRI– Nitrito (mg/L); NITRA– Nitrato (mg/L); AMO– Amônia (mg/L); Vaz - Vazão (m³/s), solo 1 - Formação florestal (%); solo 3 - Floresta plantada (%); solo 4 - Pastagem (%); solo 5 - Mosaico de agricultura e pastagem (%); solo 6 - Cultura anual e perene (%); solo 8 -Infraestrutura urbana (%)

Tabela 6. Coeficientes de correlação de Spearman dos parâmetros físicos, químicos e biológicos dos oito pontos avaliados no rio Itanhém

	solo1	solo3	solo4	solo5	solo6	solo8	pH	ORP	DO	Cm	TDS	PSU	Temp	EC	DBO	Amo	NITRI	NITRA	Vaz
solo1	1,00																		
solo3	-0,72	1,00																	
solo4	-0,28	-0,27	1,00																
solo5	-0,11	0,46	-0,59	1,00															
solo6	0,55	-0,85	0,56	-0,80	1,00														
solo8	-0,36	0,68	-0,72	0,83	-0,92	1,00													
pH	-0,17	0,46	-0,20	0,25	-0,36	0,35	1,00												
ORP	-0,21	0,27	-0,07	0,18	-0,26	0,20	-0,11	1,00											
DO	0,00	0,15	-0,15	0,13	-0,151	0,15	0,08	0,26	1,00										
Cm	-0,15	0,08	0,09	-0,05	-0,03	0,00	0,01	0,13	-0,29	1,00									
TDS	-0,16	0,09	0,08	-0,04	-0,04	0,01	0,01	0,14	-0,28	0,99	1,00								
PSU	-0,15	0,08	0,07	-0,04	-0,04	0,01	0,00	0,14	-0,29	0,99	0,99	1,00							
Temp	-0,17	0,30	-0,14	0,15	-0,26	0,23	0,06	-0,27	0,27	-0,46	-0,44	-0,46	1,00						
EC	-0,15	-0,10	0,08	-0,13	0,07	0,05	-0,22	-0,04	-0,04	0,20	0,21	0,22	0,05	1,00					
DBO	-0,04	-0,07	0,09	-0,15	0,10	-0,09	0,12	-0,37	-0,45	-0,07	-0,08	-0,087	0,01	-0,10	1,00				
Amo	-0,06	0,00	0,08	-0,07	0,03	-0,04	-0,05	-0,29	0,28	-0,25	-0,24	-0,26	0,29	-0,01	-0,18	1,00			
NITRI	-0,46	0,31	-0,08	0,15	-0,35	0,39	-0,05	0,16	-0,09	0,29	0,30	0,29	-0,03	0,33	-0,06	-0,07	1,00		
NITRA	-0,22	0,06	-0,04	0,10	-0,17	0,20	-0,09	0,15	0,14	0,12	0,13	0,11	0,22	0,20	0,05	-0,00	0,42	1,00	
Vaz	-0,13	0,13	-0,01	0,09	-0,13	0,10	-0,21	0,08	0,05	0,44	0,45	0,46	-0,04	0,30	-0,37	0,00	0,59	0,19	1,00

Em que: pH – potencial hidrogênico; ORP - Milivolt- potencial de redução da oxidação; DO (ppm) – oxigênio dissolvido (ppm); Cm (µS) – Condutividade; TDS - Sólidos totais (mg/L); PSU – Salinidade (%); Temp – Temperatura (°C); EC – Coliformes termotolerantes; DBO – Demanda bioquímica de oxigênio 100; NITRI– Nitrito (mg/L); NITRA– Nitrato(mg/L); AMO– Amônia(mg/L); Vaz - Vazão (m3/s), solo1 - Formação florestal (%); solo 3 - Floresta plantada (%); solo4 - Pastagem (%); solo5 - Mosaico de agricultura e pastagem (%); solo6 - Cultura anual e perene (%); solo8 -Infraestrutura urbana (%)

Conclusões

No trecho do rio Itanhém, entre Medeiro Neto e Teixeira de Freitas, as principais fontes de contaminação estão relacionadas com o escoamento superficial, sobretudo de áreas agrícolas e rurais e aos lançamentos de esgoto na área urbana. Os pontos de coleta 2 (núcleo urbano de Medeiros Neto), 5 (núcleo urbano de Nova Lídice) e 7 (núcleo urbano de Teixeira de Freitas) apresentam o maior número de indicadores observados com valores em desacordo com o recomendado na Resolução CONAMA 357/2005. Enquanto os pontos 3 (Usina Santa Maria), 4 (antes de Nova Lídice) e 6 (EMBASA) apresentam a maior ocorrência de valores satisfatórios na qualidade da água.

Entre os pontos analisados neste trabalho, o ponto de captação de água da EMBASA (ponto 6) apresenta a maior diferença entre os pontos amostrados e pouca variação ao longo do tempo, principalmente em relação a qualidade da água. Mesmo com maior proximidade geográfica entre os pontos 4 e 5, antes e depois do povoado de Nova Lídice, estes foram os mais dispersos, sugerindo uma alta influência do núcleo urbano na qualidade da água do rio Itanhém.

Existe correlação significativa entre a vazão no dia com nitrito (NO_2^-), Salinidade (PSU), Sólidos Totais (TDS) e negativa com a Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO). Também existe correlação entre as áreas urbanas com maiores concentrações de nitrito (NO_2^-), pH e temperatura (Temp).

Recomenda-se a realização de monitoramento contínuo da qualidade da água na bacia do rio Itanhém – em vista da alta variabilidade temporal e espacial e do resultado da análise de componentes principais – utilizando os seguintes parâmetros: Amônia (NH_3), coliformes termotolerantes (EC), Condutividade Elétrica (Cm), potencial de redução da oxidação (ORP) e Temperatura (Temp). Também se recomenda o monitoramento da variável Vazão, por influenciar na qualidade da água, assim como os usos do solo: Mosaico de agricultura e pastagem; e Cultura anual e perene.

Enquanto, os parâmetros não sugeridos para monitoramentos futuros da qualidade da água do rio Itanhém – em vista da pouca variabilidade temporal e espacial e do resultado da análise de componentes principais – em ordem de menor variação total, são: Sólidos Totais Dissolvidos (TDS), Salinidade (PSU), Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO), Nitrato (NO_3^-), Oxigênio

Dissolvido (DO), Nitrito (NO_2^-) e pH. Os usos do solo Cultura anual e perene, Formação florestal, Pastagem e Infraestrutura urbana apresentam também pouca variabilidade temporal e espacial, não sendo recomendados para o monitoramento. Frisa-se que os parâmetros e usos do solo sugeridos para descarte são importantes no monitoramento da qualidade da água, porém no rio Itanhém, entre Medeiros Neto e Teixeira de Freitas, eles não apresentam variabilidade temporal ou espacial, sendo redundantes para o monitoramento.

Agradecimentos

A Fundação de Amparo a Pesquisa do Estado da Bahia (FAPESB) pela concessão de bolsa de iniciação científica.

Referências

- Allan, J.D., 2004. Landscapes and rivers capes: the influence of land use on stream ecosystems. *Annual Review of Ecology, Evolution, and Systematics* 35, 257-284. Disponível: <https://doi.org/10.1146/annurev.ecolsys.35.1202.110122>.
- Akbar, T.A., Hassan, Q.K., Achari, G.A., 2011. methodology for clustering lakes in Alberta on the basis of water quality parameters. *Clean - Soil, Air, Water* 39, 916-924.
- ANA – Agência Nacional de Águas, 2018. Disponível em: <https://www.ana.gov.br/textos-das-paginas-do-portal/indicadores-de-qualidade>. Acesso em: abril. 2018.
- Autin, M.A., Edwards, D., 2010. Nonparametric harmonic regression for estuarine water quality data. *Environmetrics* 21, 588-605. Disponível: <http://dx.doi.org/10.1002/env.1013>
- Baborowski, M., Simeonov, V., Einax, J., 2012. Assessment of water quality in the Elbe River at flood water conditions based on cluster analysis, principle components analysis, and source apportionment. *Clean - Soil, Air, Water* 40, 373-380.
- Baker, J.F., Stewart, T.S., Long, C.R. Cartwright, T.C., 1988. Multiple regression and principal components analysis of puberty and growth in cattle. *Journal of Animal Science* 66, 2147-2158.
- Bernardi, J.V.E., Lacerda, L.D., Dórea, J.G., Landim, P.M.B., Gomes, J.P.O., Almeida, R., Manzatto, A. G., Bastos, W. R., 2009. Aplicação da análise das componentes principais na ordenação dos parâmetros físico-químicos no alto Rio Madeira e afluentes,

- Amazônia Ocidental. *Geochimica Brasiliensis* 23, 79-90.
- BRASIL. 2014. Ministério da Saúde. Fundação Nacional de Saúde. Manual de controle da qualidade da água para técnicos que trabalham em ETAS / Ministério da Saúde, Fundação Nacional de Saúde. – Brasília: Funasa 112 p.
- BRASIL, 2005. Resolução Conama N 357, de 17 de março de 2005. Dispõe sobre a classificação dos corpos de água e diretrizes ambientais para o seu enquadramento, bem como estabelece as condições e padrões de lançamento de efluentes, e dá outras providências. Disponível: <http://www.mma.gov.br/port/conama/legiabre.cfm?codlegi=459>. Acessado em: 01 mai. 2018.
- CEMIG, 2018. BACIAS DO LESTE. Disponível: http://www.cemig.com.br/pt-br/A_Cemig_e_o_Futuro/sustentabilidade/nossos_programas/ambientais/peixe_vivo/Paginas/bacias_do_este.aspx. Acesso em: 14 abril 2018.
- CETESB, 2018. Guia nacional de coleta e preservação de amostras: água, sedimento, comunidades aquáticas e efluentes líquidas. São Paulo: CETESB, Brasília: ANA, 2011. Disponível: <http://www.cetesb.sp.gov.br/userfiles/file/laboratorios/publicacoes/guia-nacional-coleta-2012.pdf>. Acesso em: 14 abr. 2018.
- Dupasa, R., Delmasc, M., Doriozd, J.M., Garniere, J., Moatarf, F., Gascuel-Oudouxa, C., 2015. Assessing the impact of agricultural pressures on N and P loads and eutrophic ation risk. *Ecological Indicators* 48, 396-407.
- Flores, J.C., 2002. Comments to the use of water quality indices to verify the impact of Cordoba City (Argentina) on Suquiya river. *Water Research* 36, 4664-4666.
- Girão, E.G., Andrade, E.M., Rosa, M.F., Araújo, L.F.P., Meireles, M.A.C., 2007. Seleção dos indicadores da qualidade de água no Rio Jaibaras pelo emprego da análise da componente principal. *Revista Ciência Agronômica* 38, 17–24.
- Guedes, H.A.S., Silva, D.D., Elesbon, A.A.A., Matos, A.T., Ribeiro, C.B.M., Soares, J.H.P., 2012. Application of multivariate statistical analysis in the study of water quality in the Pomba River (MG). *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental* 16, 558–563.
- Jolliffe, I.T, 1973. Discarding variables in a principal component analysis. II. Real data. *Applied Statistics* 22, 21-31.
- Khattree, R., Naik, D.N., 2000. Multivariate data reduction and discrimination with SAS software. Cary: SAS Institute Inc., 574p.
- Liao, S.W., Gau, H.S., Lai, W.L., Chen, J.J., Lee, C.G., 2008. Identification of pollution of Tapeng Lagoon from neighbouring rivers using multivariate statistical method. *Journal of Environmental Management* 88, 286-292.
- Mendonça, E.C.C.N., Souza, P.S., 2011. Aplicação da técnica de análise de componentes principais para caracterização de águas de poços artesianos de áreas urbanas de Goiânia e Aparecida de Goiânia. *Plurais* 1, 19-36.
- Menezes, J.P.C., Bertossi, A.P.A., Santos, A.R., Neves, M.A., 2014. Correlation between land use and groundwater quality. *Engenharia Sanitária e Ambiental* 19, 173-186.
- Menezes, J.P.C., Bittencourt, R.P., Farias, M.S., Bello, I.P., Fia, R., Oliveira, L.F.C., 2016. Relação entre padrões de uso e ocupação do solo e qualidade da água em uma bacia hidrográfica urbana. *Engenharia Sanitária e Ambiental* 21, 519–534.
- Nilsson, C., Renofalt, B.M., 2008. Linking flow regime and water quality in rivers: a challenge to adaptive catchment management. *Ecology and Society* 13, 2008.
- Pereira, B.W.F., Fernandes, L.S., Maciel, M.N.M., Oliveira, F.A., Alves, M.A.M., Ribeiro, A.M., Ferreira, B.M., Ribeiro, H.G.P., 2016. Uso da terra e degradação na qualidade da água na bacia hidrográfica do rio Peixe-Boi, PA, Brasil. *Revista Ambiente & Água - An Interdisciplinary Journal of Applied Science* 11.
- Pickett, S.T.A., Cadenasso, M.L., Grove, J.M., Boone, C.G., Groffman, P.M., Irwin, E., Kaushal, S.S., Marshall, V., McGrath, B.P., Nilon, C.H., Pouyat, R.V., Szlavecz, K., Troy, A., Warren, P., 2011. Urban ecological systems: scientific foundations and a decade of progress. *Journal of Environmental Management*, 92, 331-362.
- Pires, L.C., Machado, T.M.M., Araújo, A.M., Olson, T.A., Silva, J.B.L., Torres, R.A., Costa, M.S., 2012. Biometric variability of goat populations revealed by means of principal component analysis. *Genetic and Molecular Biology*, 35(4), 777–782.
- Rocha, C.H.B., Pereira, A.M., 2016. Análise multivariada para seleção de parâmetros de monitoramento em manancial de Juiz de Fora, Minas Gerais. *Revista Ambiente & Água*, 11(1), 176.
- Rocha, C.H.B., Costa, H.F., 2015. Variação temporal de parâmetros limnológicos em

- manancial de abastecimento em Juiz de Fora, MG. *Revista Brasileira de Recursos Hídricos*, 20(2), 543-550.
- Sheela, A.M., Letha, J., Joseph, S., Chacko, M., Sanal Kumar, S.P., Thomas, J., 2012. Water quality assessment of a tropical coastal lake system using multivariate cluster, principal component and factor analysis. *Lakes e Reservoirs: Research and Management*, 17, 143-159.
- Souza, C.M., Shimbo, J.Z., Rosa, M.R., Parente, L.L., Alencar, A.A., Rudorff, B.F.T., Hasenack, H., Matsumoto, M., Ferreira, L.G., Souza-Filho, P.W.M., Oliveira, S.W., Rocha, W.F., Fonseca, A.V., Marques, C.B., Diniz, C.G., Costa, D., Monteiro, D., Rosa, E.R., Vélez-Martin, E., Weber, E.J., Lenti, F.E.B., Paternost, F.F., Pareyn, F.G.C., Siqueira, J.V., Viera, J.L., Ferreira Neto, L.C., Saraiva, M.M., Sales, M.H., Salgado, M.P.G., Vasconcelos, R., Galano, S., Mesquita, V.V., Azevedo, T. Reconstructing Three Decades of Land Use and Land Cover Changes in Brazilian Biomes with Landsat Archive and Earth Engine. *Remote Sensing*, 12(17). <https://doi.org/10.3390/rs12172735>.
- Spezia, L., Futter, M.N., Brewer, J., 2011. Periodic multivariate Normal hidden Markov models for the analysis of water quality time series. *Environmetrics*, 22, 304-317.
- Tu, J., 2011. Spatially varying relationships between land use and water quality across an urbanization gradient explored by geographically weighted regression. *Applied Geography*, 31, 376-392.
- Vanzela, L.S., Hernadez, F.B.T., Franco, R.A.M., 2010. Influência do uso e ocupação do solo nos recursos hídricos do Córrego Três Barras, Marinópolis. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, 14(1), 55-64. <http://dx.doi.org/10.1590/S1415-43662010000100008>.