



Revista Brasileira de Geografia Física

Homepage: www.ufpe.br/rbgfe



Avaliação da Bacia do Rio Una-Pernambuco: Perspectiva da Qualidade da Água após a Construção de 4 Barragens para Contenção de Cheias

Denis Freitas Barreto Campello de Melo¹, Marcos Henrique Gomes Ribeiro², Eden Cavalcanti de Albuquerque Junior³, Elizabeth Amaral Pastich Gonçalves^{4*}

¹Mestre em Tecnologia Ambiental, Programa de Pós-graduação em Tecnologia Ambiental, Associação Instituto de Tecnologia de Pernambuco, Av. Prof. Luís Freire, 700 - Cidade Universitária, Recife - PE, 50745-540, denisbcampello@gmail.com (autor correspondente). ²Graduando em Engenharia Civil, Universidade Federal de Pernambuco, Centro Acadêmico do Agreste, Rodovia BR-104, km 59, s/n - Nova Caruaru, Caruaru - PE, 55002-970, mhgribeiro@gmail.com. ³Doutor em Engenharia Química, Programa de Pós-graduação em Tecnologia Ambiental, Associação Instituto de Tecnologia de Pernambuco, Av. Prof. Luís Freire, 700 - Cidade Universitária, Recife - PE, 50745-540, edencavalcanti@gmail.com. ^{4*}Doutora em Tecnologia Ambiental e Recursos Hídricos, Universidade Federal de Pernambuco, Centro Acadêmico do Agreste, Rodovia BR-104, km 59, s/n - Nova Caruaru, Caruaru - PE, 55002-970, bethpastich@yahoo.com.br.

Artigo recebido em 05/09/2017 e aceite em 24/04/2018

RESUMO

Os danos socioeconômicos e ambientais ocasionados pelas enchentes recorrentes na Bacia do rio Una, em Pernambuco, impulsionaram a elaboração de um plano de contenção de cheias através da construção de barragens. Este trabalho avaliou os principais fatores relacionados à qualidade das águas que poderão interferir nos usos múltiplos dos futuros reservatórios, após intervenção pelas obras das barragens. O estudo avaliou, no período compreendido entre 2014-2015, os seguintes parâmetros: Cobalto total, Cobre dissolvido, Cobre total, Cromo total, Ferro dissolvido, Alumínio dissolvido, Fluoretos, Urânio total, Vanádio total, Zinco total, Lítio total, Manganês total, Mercúrio dissolvido, Mercúrio total, Níquel, Prata, Selênio total, Sulfatos, Sulfeto, Nitratos, Fósforo total, Oxigênio Dissolvido, Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO), pH, Sólidos Totais Dissolvidos (STD), condutividade elétrica, Temperatura e Turbidez. Os resultados indicaram, como principais fatores interferentes na qualidade das águas: o lançamento de esgoto *in natura*, provocando elevação da DBO; lixiviados de fertilizantes agrícolas, sobretudo devido a monocultura de cana-de-açúcar; características naturais do solo da região, acarretando, respectivamente, em elevadas concentrações de DBO, Fósforo e Ferro. As amostras de água do rio Panelas apresentaram a maior quantidade de parâmetros com valores em desconformidade com a legislação ambiental vigente. Não foram encontrados vestígios da presença de Cobalto, Cromo, Selênio, Urânio, Vanádio e Zinco total, Prata, Cobre e Mercúrio total e dissolvido, de forma significativa. Os resultados apontaram para a necessidade de ações de controle das atividades antrópicas poluentes nas margens dos cursos d'água da Bacia do rio Una, sobretudo na perspectiva das águas represadas servirem para o abastecimento público.

Palavras-chave: Barragem; Uso e ocupação do solo; Parâmetro de qualidade da água.

Evaluation of the Una-Pernambuco River Basin: Water Quality Perspective after Construction of 4 Flooding Containment Dams

ABSTRACT

The socioeconomic and environmental damages caused by recurrent floods in the Una River Basin in Pernambuco has instigated a flood containment plan elaboration through dams construction. This work evaluated the main factors related to water quality that could interfere with the multiple uses of the reservoirs futures after dams construction. The parameters of water quality evaluated, in the period between 2014-2015, were: Cobalt total, dissolved Copper, total Copper, total Chromium, dissolved Iron, dissolved Aluminium, Fluoride, total Uranium, total Vanadium, total Zinc, total Lithium, total Manganese, dissolved Mercury, total Mercury, Nickel, Silver, total Selenium, Sulphates, Sulfide, Nitrates, total Phosphorus, Dissolved Oxygen, Biochemical Oxygen Demand (BOD), pH, Total Dissolved Solids (TDS), electrical conductivity, Temperature and Turbidity. The results indicated, as major factors interfering in water quality: sewage release in nature causing elevation of BOD; leachate agricultural fertilizers causing high Phosphorus concentration and

*Autor para correspondência.
Gonçalves, E. A. P.

natural features of the soil of the region causing high Iron concentration. No traces of the presence of Cobalt, Chromium, Selenium, Uranium, Vanadium and total Zinc, Silver, Copper and total and dissolved Mercury were found. The results pointed to the need to control actions of the activities anthropogenic pollutants on the banks of the waterways of the Una River Basin, particularly in view of serve water for public supply.

Keywords: Dam; Land use and occupation; Water quality parameter.

Introdução

Atividades antrópicas, como agricultura, lançamento de esgotos, construção de barragens, etc., têm ocasionado de forma direta a perda da qualidade da água dos mananciais. As alterações climáticas influenciam também a qualidade da água, mas de forma indireta.

O clima provoca mudanças no regime de precipitação, temperatura do ar e incidência de radiação solar. Esses fatores alteram a qualidade das águas através de mudanças no regime de vazões e na temperatura, que influencia, por sua vez, grande parte dos processos bioquímicos (Rehana e Mujumdar, 2012). Aliado a esses fatores, Michalak (2016) afirmam que a maioria dos impactos profundos na qualidade das águas é intensificado pelas condições temporais.

Historicamente, a região da Mata Sul pernambucana tem sido acometida por eventos climáticos extremos, com grande volume de precipitação em curtos intervalos de tempo. Associado à questão das chuvas, o relevo da região favorece a grandes inundações. Os últimos eventos registrados ocorreram nos anos de 2000, 2005, 2010, 2011 e 2017 e provocaram grandes prejuízos econômicos, além de acarretarem em perdas humanas. Em virtude desses acontecimentos, esforços foram reunidos para construção de cinco barragens ao longo das Bacias do rio Una, rio Mundaú e rio Sirinhaém, que permitirão a contenção de cheias ao tempo em que também servirão ao abastecimento público. No início de 2017, apenas a Barragem Serro Azul localizada no rio Una encontrava-se em processo de finalização.

Desde os últimos eventos de chuvas extremas registrados no início dos anos 2000 pesquisas nas principais Bacias hidrográficas que margeiam a região da Zona da Mata Sul de Pernambuco têm sido recorrentes (Silva et al., 2009a; Silva et al., 2009b; Albuquerque e Galvêncio, 2010; Cardoso et al., 2013; Santos et al., 2014).

A principal Bacia hidrográfica da Zona da Mata Sul de Pernambuco é a Bacia do rio Una, que possui grande irregularidade no que se refere à precipitação pluviométrica, oscilando entre 800 mm no setor oeste da Bacia até 2200 mm no setor leste. Os maiores índices pluviométricos da região são registrados em quatro meses do ano, de abril a julho, sendo julho o mais chuvoso (precipitação máxima de aproximadamente 160 mm). Ao contrário da estação seca, que compreende ao período de outubro a

dezembro, sendo novembro considerado o mais seco, com média de 25 mm.

Sobre um cenário de aquecimento global Albuquerque e Galvêncio (2010), relatam a partir de seus estudos que é possível projetar os reflexos das mudanças climáticas na organização socioespacial da Bacia hidrográfica do rio Una com um possível aumento do escoamento superficial até o ano de 2020. Caso essa tendência se confirme, os problemas já encontrados na Bacia durante a época mais chuvosa do ano podem se intensificar. Problemas relacionados às enchentes se tornarão cada vez mais comuns e causarão prejuízos e mortes nas principais cidades que margeiam o rio Una.

Segundo informações da Secretaria de Recursos Hídricos e Energéticos do Estado de Pernambuco (SRHE-PE), na Bacia do rio Una serão construídas quatro, das cinco barragens previstas na região da Zona da Mata Sul de Pernambuco: Igarapeba, Lagoa dos Gatos, Pannels II e Serro Azul.

Barragens são estruturas que se destinam a reter líquidos de maneira controlada e segura, propiciando importantes benefícios. As barragens têm facilitado bastante a vida das sociedades, sejam para contenção de cheias, produção de energia elétrica, transporte ou para abastecimento. Atualmente, cerca de 45.000 barragens têm barrado em torno de 60% das águas superficiais que desaguiam nos oceanos (Nilsson et al., 2005).

Por outro lado, a construção de tais estruturas de Engenharia, segundo Nilsson et al. (2005) pode gerar impactos negativos, como: fragmentação de *habitats* impedindo o fluxo gênico entre espécies, modificação da dinâmica dos ecossistemas, eutrofização, alterações na qualidade do solo, alterações na qualidade da água superficial e subterrânea, e, conseqüentemente, a interferência nos seus diversos usos, mudança na profundidade da zona eufótica, diminuição de oxigênio dissolvido, etc.

Desta forma, é de suma importância o diagnóstico ambiental antes da construção das barragens, identificando os problemas ocasionados pelos impactos da interferência humana nos recursos hídricos, de forma a propiciar um prognóstico e medidas de mitigação e compensação ambiental. Dentre as atividades de diagnóstico e minimização de impactos, o monitoramento da qualidade da água em reservatórios afigura-se como um importante instrumento para subsidiar ações de controle, e tem sido foco de estudos (Silva et al., 2009; Buzelli e

Cunha-Santino, 2013; Gupte e Shaikh, 2013; Neves et al., 2016).

Diante da finalidade das barragens da Mata Sul de Pernambuco, de paralelamente à contenção de cheias, servirem também ao abastecimento público, este trabalho teve como objetivo avaliar a qualidade da água em pontos próximos ao eixo principal previstos nos projetos das barragens, identificando os principais fatores intervenientes na qualidade da água, visando subsidiar tomadas de decisões na gestão integrada da Bacia.

Material e métodos

Área de estudo

Este estudo foi realizado na Bacia do rio Una, localizada na Região da Zona da Mata Sul de Pernambuco, Brasil. Está situada entre as coordenadas 8° 17' 14" e 8° 55' 28" de latitude Sul, e 35° 07' 48" e 36° 42' 10" de longitude a oeste (Figura 1). O rio Una é o principal curso d'água dessa Bacia. Possui aproximadamente 290 km de extensão, tem sua nascente no município de Capoeiras, Pernambuco. Apresenta regime intermitente até as proximidades da cidade de Altinho, Pernambuco, quando se torna então perene.

No tocante aos usos múltiplos, o rio Una não difere dos demais rios da região da Zona da Mata Sul de Pernambuco, predominando as seguintes finalidades: abastecimento público, dessedentação animal, uso industrial, irrigação com destaque ao cultivo de cana-de-açúcar, além de atividades de lazer e pesca. Ao longo do seu curso, o rio serve ainda como corpo receptor de efluentes domésticos, industriais e agroindustriais.

Dentre outros aspectos, destacam-se alguns que corroboram a importância da Bacia do rio Una para Pernambuco: cerca de 23% dos municípios do estado estão inseridos nessa Bacia hidrográfica (42 dos 185 existentes), a Bacia ocupa de 6,37% da área total do estado (6.247,44 km² dos 98.076,021 km² existentes) e abrange cerca de 15% da população total de Pernambuco, levando em consideração a população dos municípios que fazem parte da área de influência dessa Bacia (APAC, 2016).

Na Figura 2 pode ser observado o diagrama unifilar do rio Una. Em destaque foram sublinhados os cursos d'água avaliados no presente estudo: rio Pirangi (R1), rio Una (R2), riacho dos Gatos (R3) e rio Panelas (R4). As principais cidades que margeiam os rios também foram acrescentadas.

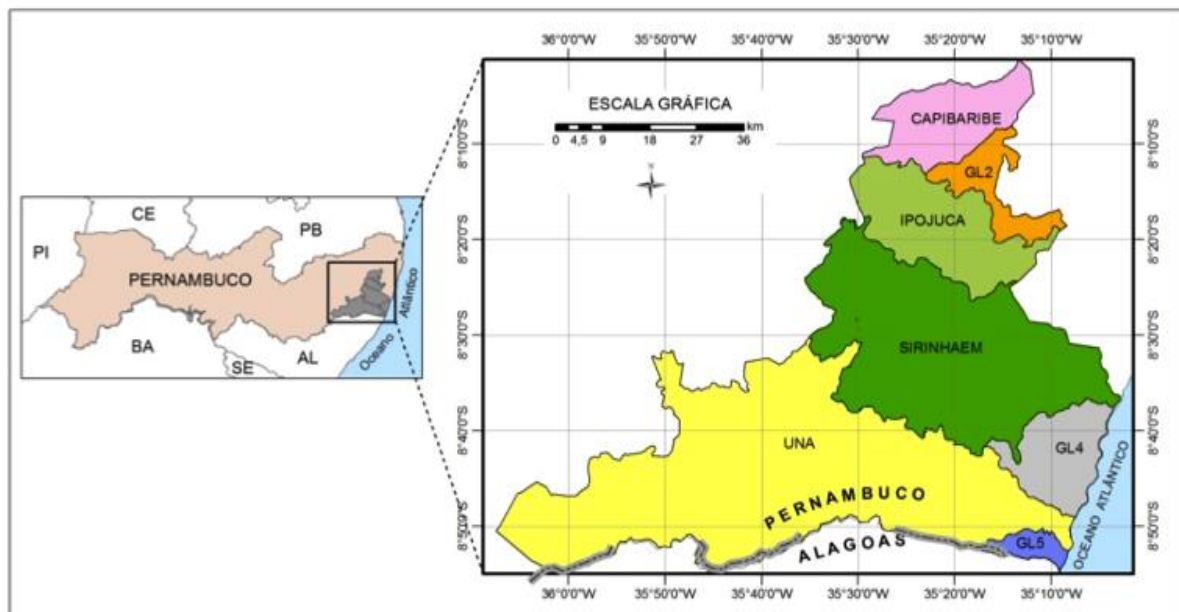


Figura 1. Mapa do estado de Pernambuco com detalhe das Bacias hidrográficas que compõem a Zona da Mata Sul Pernambucana (Fonte: AGEITEC, 2017).

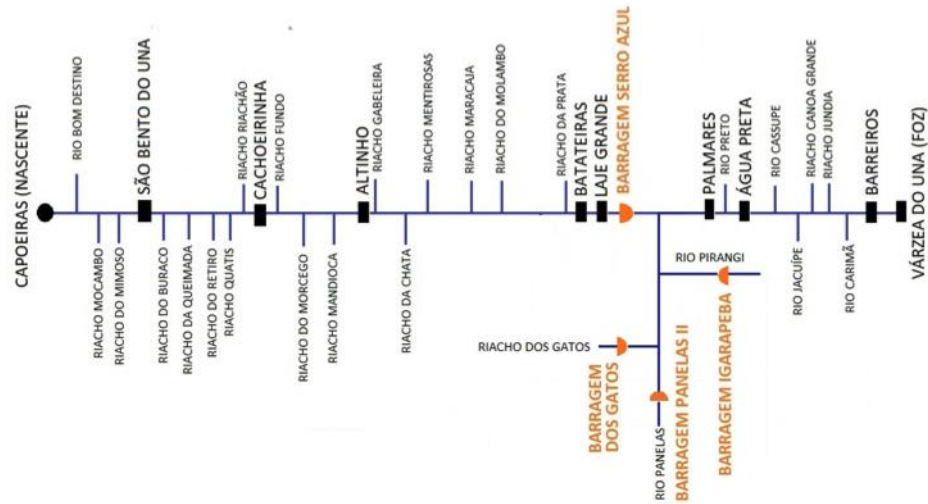


Figura 2. Diagrama unifilar do rio Una: em destaque os cursos d’água avaliados no estudo.

Delineamento Amostral

Para avaliação da qualidade da água, foram escolhidos pontos de coleta equidistantes e próximos ao eixo principal previsto no projeto das barragens. A única barragem que está sendo finalizada é a Barragem Serro Azul, no rio Una, as demais encontram-se em diferentes estágios de construção.

Os cursos d’água em estudo foram denominados da seguinte forma: R-1 (rio Pirangi), R-2 (rio Una), R-3 (riacho dos Gatos) e R-4 (rio Panelas).

No rio Pirangi e no rio Una foram avaliados oito pontos, quatro no riacho dos Gatos, e no rio Panelas sete pontos. Foram realizadas duas campanhas de coleta, que ocorreram entre março de 2014 a abril de 2015, totalizando desta forma 54 amostras.

A Tabela 1 apresenta informações acerca das coordenadas geográficas dos pontos de coleta de água nos rios da Bacia do rio Una onde serão construídas as barragens de Igarapeba, Serro Azul, Gatos e Panelas II.

As amostras de água foram coletadas na superfície dos corpos d’água, em cada um dos pontos descritos na tabela 1, e seguiram os procedimentos definidos pelo Guia Nacional de Coletas e Preservação de Amostras da Agência Nacional de Águas – ANA e da Companhia Ambiental do Estado de São Paulo – CETESB (CETESB e ANA, 2011).

Os seguintes parâmetros que conferem qualidade ambiental à água foram avaliados: Cobalto total, Cobre dissolvido, Cobre total, Cromo total, Ferro dissolvido, Alumínio dissolvido, Fluoretos, Urânio total, Vanádio total, Zinco total, Lítio total, Manganês total, Mercúrio dissolvido, Mercúrio total, Níquel, Prata, Selênio total, Sulfatos, Sulfeto, Nitratos, Fósforo total, Oxigênio Dissolvido, Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO), pH, Sólidos Totais Dissolvidos (STD), condutividade elétrica, Temperatura e Turbidez.

Os ensaios foram realizados segundo metodologias preconizadas pelo *Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater* (Rice et al., 2012).

Tabela 1. Pontos de monitoramento da qualidade da água nos rios da Bacia do rio Una - PE.

Cursos d’água	Coordenadas Geográficas (UTM)							
	R-1 (rio Pirangi)		R-2 (rio Una)		R-3 (riacho dos Gatos)		R-4 (rio Panelas)	
Barragens	Igarapeba		Serro Azul		Lagoa dos Gatos		Panelas II	
Pontos de coleta	E	N	E	N	E	N	E	N
1	177202	9024163	199644	9049031	184546	9045892	177041	9049013
2	178149	9024082	203755	9048575	184300	9045562	179359	9048948
3	180347	9025900	204484	9049551	185876	9046041	181014	9048886
4	181258	9025649	205581	9049785	186424	9046154	180985	9048368
5	183113	9025784	206844	9049221	-	-	181767	9047208
6	183387	9025547	209513	9048400	-	-	183199	9048108
7	183757	9025112	209538	9046395	-	-	185730	9046928
8	184256	9025352	211690	9043777	-	-	-	-

Para fins de interpretação, os resultados foram avaliados considerando os limites máximos e mínimos dos parâmetros definidos para rios de Classe 2, preconizados pela Resolução CONAMA 357/2005 (Brasil, 2005), pois os corpos d'água estudados não possuem enquadramento definidos-

Resultados e discussão

As Figuras 3a e 3b mostram, respectivamente, as variações de temperatura e pH da água nos quatro cursos d'água estudados (R-1, R-2, R-3 e R-4). De acordo com Angelocci e Villa Nova (1995), a temperatura da água é um importante parâmetro de monitoramento devido ao controle que a mesma exerce sobre os processos físicos, químicos e biológicos. Nos ambientes estudados a temperatura da água variou de 22,2 °C a 31,9 °C, estando de acordo com as temperaturas típicas observadas na região, as quais são influenciadas diretamente por condições climatológicas.

Estudos como os realizados por Padial et al. (2009), Franzen et al. (2011), Barros et al. (2012) e Huang et al. (2014), Souza et al. (2016) mostram que a estratificação da temperatura da água é um dos primeiros impactos produzidos na construção de um reservatório, provocando alterações significativas das variáveis físico-químicas na coluna d'água e portanto, influenciando na qualidade da água nesses ambientes lóticos.

Em relação aos níveis de pH (Figura 3b), a variação observada está dentro dos limites preconizados pela legislação brasileira, Resolução CONAMA 357/2005 (Brasil, 2005). Cerca de 80% das amostras analisadas apresentaram valores de pH próximos da neutralidade, $\text{pH} = 7$. Contudo algumas amostras de água apresentaram pH levemente ácido, $\text{pH} \approx 6$, o que pode estar associado a diversos pontos de despejos de efluentes domésticos, sem tratamento prévio, observados ao longo dos mananciais, sobretudo em R1 (rio Pirangi) e R2 (rio Una), onde se encontram as áreas de influência direta das barragens de Igarapeba e Serro Azul, respectivamente.

Sobre a oscilação nos níveis de pH nas águas de mananciais, de acordo com Marotta et al. (2008) o excesso de matéria orgânica dos efluentes pode provocar uma redução do pH da água através da liberação de ácido carbônico, além de compostos orgânicos ácidos.

Ademais, tais oscilações de pH nas águas também podem ser reflexo das características naturais do ambiente. Sobre essa discussão, Andrietti et al. (2016), em estudo realizado na Bacia hidrográfica do rio Caiabi-MT, observaram valores de pH em torno de 5. Segundo os autores, o baixo valor de pH não foi justificado pela influência do uso e ocupação desordenado do solo, mas pela condição natural da Bacia hidrográfica do rio Caiabi, principalmente pelo fato dos solos da região serem antigos e com elevado processo de lixiviação.

Anteriormente, estudos como os desenvolvidos por Ferreira e Cunha-Santino (2014), registraram valores de pH ácidos (entre 5,1 e 6,8) nas águas do rio monjolinho, São Carlos-SP, os quais foram atribuídos às características naturais da região, que possui solos ácidos, e assim como Andrietti et al. (2016), desconsideraram a influência antrópica nos resultados.

Como já mencionado anteriormente, durante as campanhas de coleta de água na Bacia do rio Una, foi possível observar diversos pontos de despejo de efluentes domésticos, o que certamente pode ser um interferente nas características naturais dos corpos d'água estudados.

Considerando os usos múltiplos dos futuros reservatórios, tal como o de abastecimento público, o monitoramento do pH da água, segundo Lima e Garcia (2008) deve ser sempre avaliado, pois pode interferir no processo de tratamento da água, na corrosão de tubulações e equipamentos, no crescimento microbiano dos sistemas biológicos de tratamento, na toxidez de certos compostos e nos constituintes da alcalinidade e acidez da água.

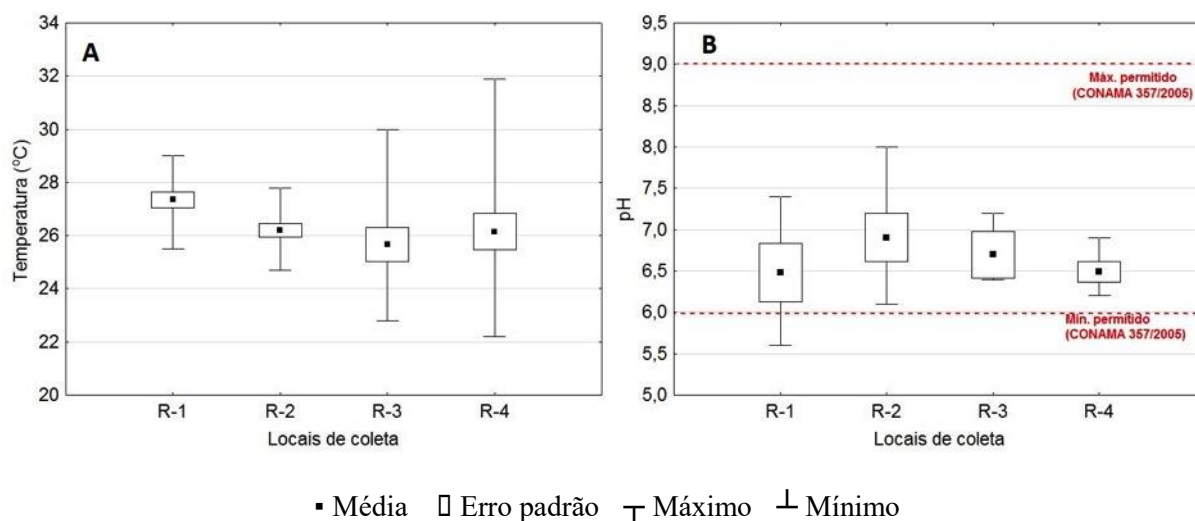


Figura 3. Valores de temperatura (A) e pH (B), nos quatro cursos d'água avaliados, na Bacia do rio Una. (R-1 = rio Pirangi, R-2 = rio Una, R-3 = Riacho dos Gatos, R-4 = rio Panelas).

As Figuras 4a e 4b mostram, respectivamente, os resultados da variação dos níveis de turbidez e de Sólidos Totais Dissolvidos nos quatro cursos de água avaliados. A turbidez de uma água representa o grau de atenuação de intensidade que a luz sofre ao atravessá-la. Essa redução dá-se por absorção e espalhamento. A turbidez pode ser atribuída à presença de sólidos em suspensão, tais como partículas inorgânicas e detritos orgânicos (CETESB, 2009).

Os valores de turbidez observados variaram de 1,5 uT a 98,9 uT. Embora tenha sido observada uma elevada flutuação de valores, os resultados apresentados estiveram abaixo do limite permitido pela legislação brasileira, Resolução CONAMA 357/2005 (Brasil, 2005). Em relação à concentração de Sólidos Totais Dissolvidos (STD) também foram observados valores dentro do limite legal, exceto para algumas amostras de água do rio Panelas (R-4) onde se encontra a área de influência direta da barragem de Panelas.

Posteriormente, será possível verificar que o rio Panelas foi, dentro dos cursos de água analisados, o que apresentou a maior quantidade de parâmetros fora dos limites de valores estabelecidos pela legislação ambiental vigente.

No que concerne as discussões dos resultados obtidos neste estudo, as mesmas foram corroboradas por resultados como os expressos em trabalho desenvolvido por Ferreira e Cunha-Santino (2014), os quais avaliaram a qualidade da água do rio Monjolinho, São Carlos-SP, cujo registro de turbidez foi baixo, variando de 4,1 a 23,4 uT, considerando períodos secos e chuvosos.

Por sua vez, Chaves et al. (2015), por meio do monitoramento e da análise da qualidade da água do rio Piranhas, Paraíba, encontraram valores crescentes de turbidez do período seco em direção ao período chuvoso, os quais foram explicados pelo aumento do movimento das partículas sólidas do fundo do rio, além do arraste de material grosseiro presente no leito, o que pode ter relação com os níveis de turbidez nas águas dos rios R-2 e R-3, deste estudo, próximos à 100 uT.

O presente estudo contemplou campanhas de coleta de água tanto no período chuvoso quanto no seco e em ambos os casos, os valores de turbidez e de STD não apresentaram maiores problemas, com exceção aos valores de STD no ponto R-4 (rio Panelas).

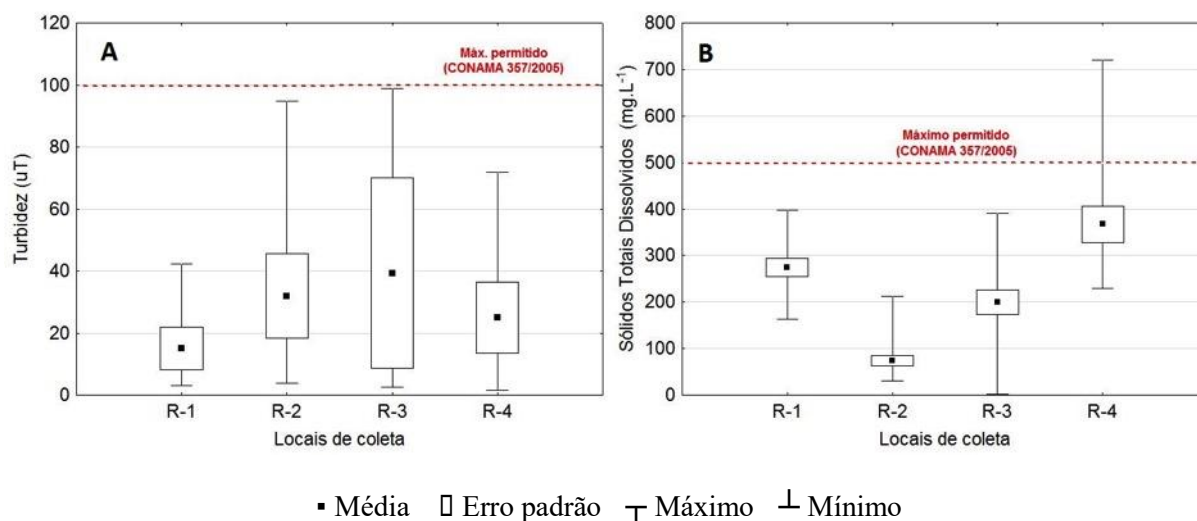


Figura 4. Valores de Turbidez (A) e Sólidos Totais Dissolvidos (B), nos quatro cursos d'água avaliados, na Bacia do rio Una (R-1 = rio Pirangi, R-2 = rio Una, R-3 = Riacho dos Gatos e R-4 = rio Panelas).

As Figuras 5a e 5b mostram os níveis de Oxigênio Dissolvido (OD) e Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO), respectivamente. Os dois principais fatores que influenciam no aumento de Oxigênio Dissolvido na água são as trocas gasosas com a atmosfera, intensificado com as quedas d'água e a fotossíntese realizada pelas algas. Já os fatores que comprometem negativamente a disponibilidade de oxigênio dissolvido, segundo Buzelli e Cunha-Santino (2013) são decorrentes da respiração de organismos aquáticos, processo de oxidação de íons metálicos e decomposição aeróbia da matéria orgânica. O oxigênio dissolvido é indispensável aos organismos aeróbios e indica a capacidade de autodepuração de um corpo de água (Zucco et al., 2012).

Neste estudo, as concentrações de OD variaram de 0,9 a 9,5 mg.L⁻¹, apresentando grande flutuações no atendimento a legislação ambiental, Resolução CONAMA 357/2005, cuja concentração mínima permitida é de 5 mg.L⁻¹ (Brasil, 2005). Esse resultado mostrou uma tendência contrária à observada no estudo realizado por Zucco et al. (2012) sobre a qualidade da água na Bacia do Ribeirão Concórdia, Lontras, em Santa Catarina, os quais encontraram valores de OD com pouca flutuação e dentro do limite desejável pela legislação.

Os cursos d'água R-1 e R-2, denominações das às regiões dos rios Pirangi e Una, apresentaram as melhores condições de OD, sendo ambos cursos d'água de maior porte e com maior vazão se comparados ao riacho dos Gatos (R-3) e rio Panelas (R-4), que apresentaram grande parte das concentrações de OD abaixo do nível permitido.

Acerca desse resultado, é possível respalda-lo por meio de estudos semelhantes como o realizado por Silva et al. (2010), os quais mostraram baixos valores de OD próximos à Usina hidrelétrica de Três Marias, Minas Gerais, até o Polo de irrigação Juazeiro-BA/Petrolina-PE. Tal resultado foi associado pelos autores à estratificação térmica e eutrofização causadas pela água "parada", que junto a poluição antrópica (utilização de fertilizantes e despejo de efluentes industriais e domésticos) contribuíram para a diminuição do OD.

A condição de baixo OD no presente estudo pode ser agravada quando os ambientes se tornarem lânticos. De acordo com Esteves (1998), os primeiros anos após a inundação da barragem correspondem ao período de maior déficit de oxigênio, o que torna importante um prognóstico no que se refere aos níveis de OD, antes, durante e após o enchimento do reservatório.

Em relação aos níveis de DBO, apenas os pontos localizados em R-3 (riacho dos gatos), onde será construída a barragem de gatos, apresentaram valores abaixo do limite máximo permitido pela Resolução CONAMA 357/2005 (Brasil, 2005). Segundo Ferreira et al. (2015), níveis elevados de DBO, em geral, são encontrados quando ocorrem lançamentos de descargas orgânicas.

Ao longo dos principais cursos d'água da Bacia do rio Una (R-1, R-2, R-3 e R-4) foram encontrados diversos lançamentos de efluentes domésticos sem tratamento, além de poluição difusa devido ao cultivo de cana-de-açúcar. A aplicação de vinhaça, entre outros fertilizantes, nessas regiões de cultivo, proporcionam, em períodos de maior

intensidade pluviométrica, a lixiviação de compostos do solo para os cursos d'água, elevando as concentrações de matéria orgânica e nutrientes.

Em R-3, denominação recebida para a área de estudo do riacho dos Gatos, onde será construída a barragem de gatos, foi observada baixa concentração de DBO e uma oscilação nos níveis de OD entre 1 e 9,5 mg.L⁻¹, o que não era esperado já que a baixa concentração de DBO poderia permitir uma condição de oxigênio dissolvido satisfatória (acima do mínimo permitido), que é de 5 mg.L⁻¹.

De maneira a validar os resultados observados quanto a baixa concentração de OD, o estudo desenvolvido por Queiroz et al. (2010), na microbacia de Sanga Mandarinina - PR, também mostrou baixos níveis de oxigênio dissolvido que, a princípio foram associados à presença de matéria

orgânica, no entanto, de acordo com os autores não foram encontrados pontos de poluição pontual como lançamentos de dejetos animais ou efluentes doméstico, e dessa forma, os valores encontrados foram associados às variações diárias do processo de fotossíntese, respiração e/ou decomposição.

De acordo com Valente et al. (1997), é importante o entendimento de que a DBO é apenas um indicador que determina de forma indireta a concentração de matéria orgânica biodegradável através da demanda de oxigênio pela respiração dos microrganismos e em corpo hídrico natural, diversos outros processos acontecem simultaneamente. Os autores mostraram que os valores de OD são inversamente proporcionais às concentrações de DBO.

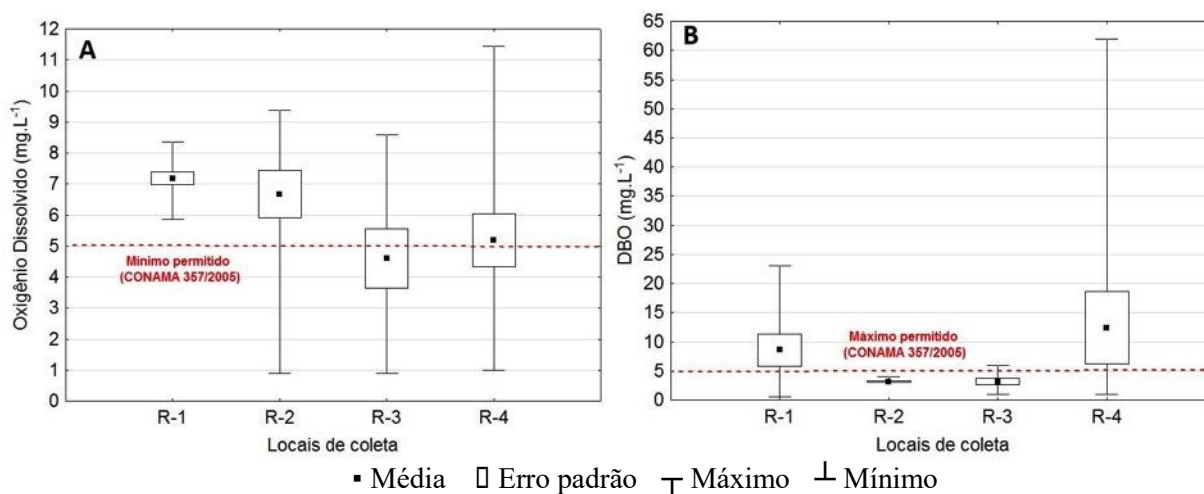


Figura 5. Concentração de Oxigênio Dissolvido (A) e Demanda Bioquímica de Oxigênio (B) nos quatro cursos d'água avaliados, na Bacia do rio Una (R-1 = rio Pirangi, R-2 = rio Una, R-3 = Riacho dos Gatos e R-4 = rio Panelas).

As Figuras 6a e 6b apresentam, respectivamente, as variações nas concentrações de nitrato e amônia observadas, ao longo do monitoramento, nos corpos d'água estudados. A análise desses resultados mostra que todos os valores observados estiveram dentro dos limites estabelecidos pela Resolução CONAMA 357/2005 (Brasil, 2005). Em relação à DBO, mesmo observando níveis acima do limite legal, os quais estão associados aos baixos valores de OD, não houve amonificação dos ambientes, de forma a elevar a concentração de amônia acima do limite legal estabelecido.

Desta forma, não se espera com a construção das barragens, e consequente mudança de ambiente para lântico, que os futuros reservatórios apresentem problemas de excesso de nitrogênio na água. No

entanto, em relação ao fenômeno de eutrofização, é necessário considerar ao mesmo tempo a concentração de fósforo total.

Sobre essa discussão, a Figura 6c apresenta a variação dos níveis de fósforo total nos corpos d'água estudados. Os resultados mostraram valores bem acima dos limites estabelecidos pela Resolução CONAMA 357/2005, que é de 0,03 mg.L⁻¹ (Brasil, 2005). Segundo Alves et al. (2007), as principais fontes de fósforo nos ecossistemas aquáticos são o intemperismo de rochas fosfatadas (origem natural), despejos domésticos, efluentes industriais e fertilizantes (origem antrópica).

Elevados níveis de fósforo podem ocasionar a eutrofização, favorecendo a floração de algas tóxicas, cianobactérias, sobretudo se o ambiente variar de lótico para lântico. Sobre essa discussão,

Paerl e Paul (2012) associam as florações tóxicas de cianobactérias aos seguintes parâmetros abióticos: estratificação vertical, elevada temperatura e disponibilidade de nutrientes. Assim, a preocupação com a eutrofização dos cursos d'água avaliados neste estudo deve ser considerada para que continuem servindo aos diversos usos, principalmente após a construção das barragens e mudança do regime.

Na medida em que os resultados deste estudo são confrontados com outros estudos, percebe-se a importância do monitoramento da qualidade da água em mananciais lênticos e lóticos, principalmente os destinados ao abastecimento público. A exemplo disso, Vasco et al. (2011), observaram na sub-bacia hidrográfica do rio Poxin - SE, níveis de fósforo total mais altos durante o período chuvoso, com valores acima do limite legal, cuja a tendência foi explicada pelo deflúvio superficial ocorrido na sub-bacia devido a uma forte chuva. Adicionalmente, Zucco et al. (2012) afirmam que o uso e ocupação desordenados do solo nas margens de corpos d'água também influenciam significativamente qualidade dos mesmos, especialmente no que se refere ao aporte de nutrientes e sedimentos. Scarpinella et al. (2013), por sua vez, constataram, em uma pequena barragem na Fazenda Santo Antonio do Lobo - SP, que produz cana-de-açúcar, que após eventos chuvosos ocorriam um elevação dos níveis nitrogênio e fósforo total na água daquele manancial. Por outro lado, o estudo desenvolvido por Queiroz et al. (2013), no rio Piancó, PB, mostrou níveis de fósforo abaixo do limite estabelecido para rios de classe 2, revelando que o manejo adequado do solo e a baixa solubilidade de compostos fosfatados adicionados ao solo, com forte tendência de fixação, podem auxiliar na diminuição dos níveis de fósforo em corpos d'água.

A Bacia do rio Una é em grande parte ocupada por atividades agrícolas, com destaque para o cultivo de cana-de-açúcar, na sua porção Leste, a qual está associada ao uso intensivo de fertilizantes, ricos em fósforo, o que também pode ter contribuído para os elevados níveis de Fósforo nos cursos d'água estudados, podendo ser provenientes do escoamento superficial e lixiviação dos solos no entorno das áreas onde serão construídas as barragens.

Quanto à avaliação de metais presentes em R-1, R-2, R-3 e R-4, os seguintes elementos não foram observados em nenhuma das amostras avaliadas: Cobalto total, Cobre dissolvido, Cobre total, Cromo

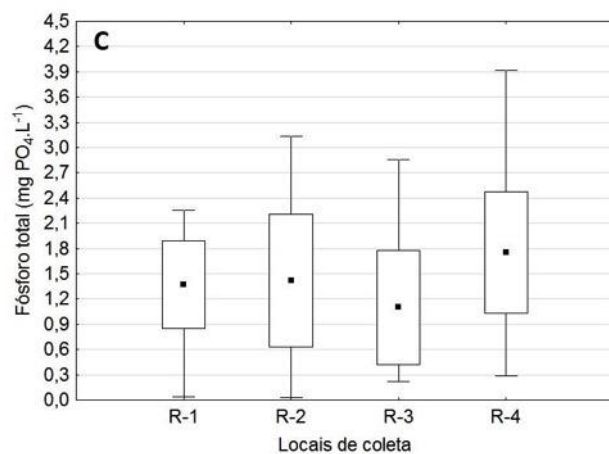
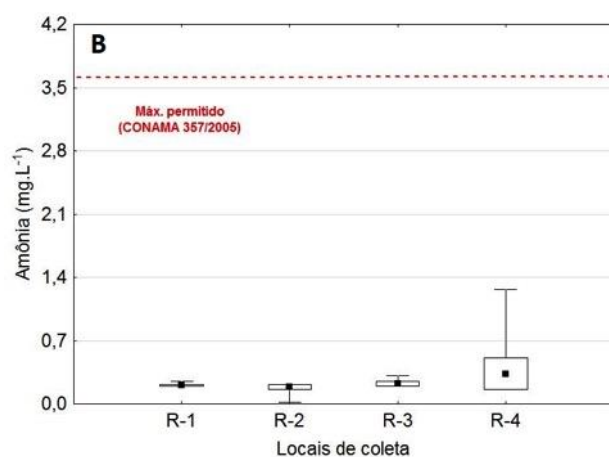
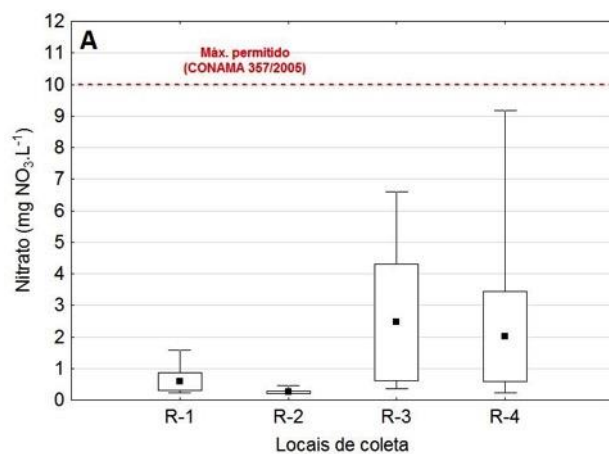
total, Lítio, Mercúrio total e dissolvido, Níquel, Prata, Selênio, Urânio total, Vanádio total, não foram detectados neste estudo. Isto se afigura como resultado positivo, sem probabilidade de aumento de toxicidade com a construção das barragens.

Por outro lado, em relação aos outros metais avaliados e suas oscilações, as Figuras 7a, 7b e 7c mostram as variações nos níveis de Ferro e Alumínio dissolvidos e Manganês entre R-1, R-2, R-3 e R-4, respectivamente.

No que se refere aos níveis de Ferro dissolvido, foi possível observar que em média a concentração desse metal em todos os pontos de coletas esteve acima dos padrões estabelecidos pelo CONAMA 357/2005, que é de $0,3 \text{ mg.L}^{-1}$ (Brasil, 2005). Os níveis médios de Ferro dissolvidos foram mais elevados em R3 (riacho dos Gatos), $\cong 0,9 \text{ mg.L}^{-1}$, local onde será construída a barragem de Gatos.

Nas águas superficiais, o nível de Ferro aumenta na estação chuvosa devido à lixiviação de solos e a ocorrência de processos de erosão das margens dos corpos d'água (CETESB, 2009). A esse respeito, Oliveira e Nascimento (2006) afirmam que os solos da bacia do rio Una apresentam elevados teores de Ferro, o que justifica as elevadas concentrações desse metal encontradas nas águas superficiais de R-1, R-2, R-3 e R-4.

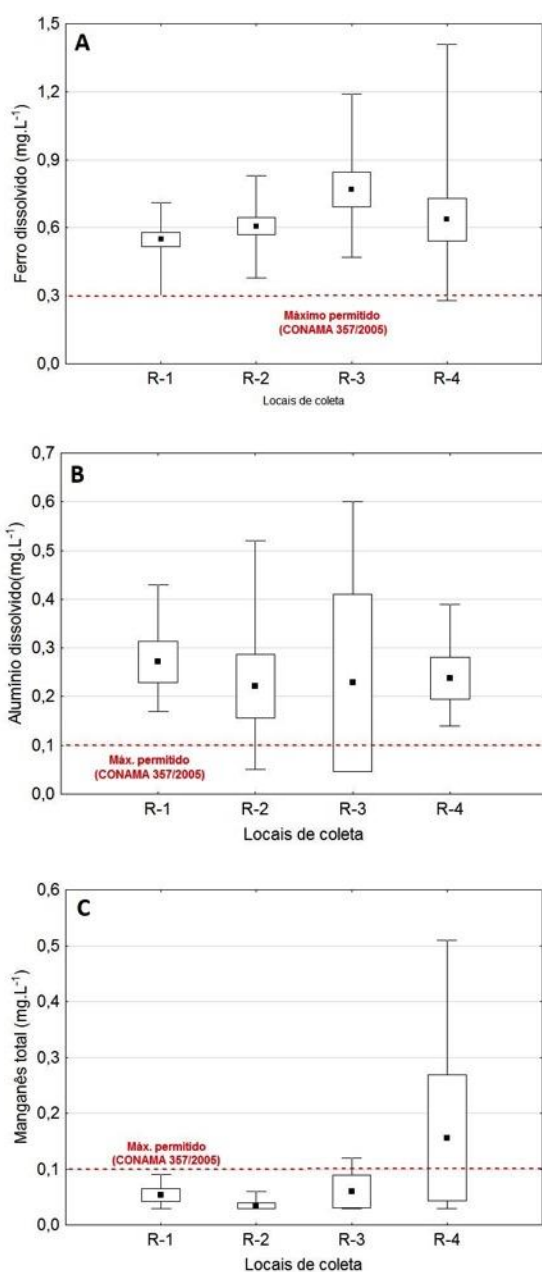
Nas águas naturais o pH é regido pelo equilíbrio carbonato-bicarbonato-dióxido de carbono e, quanto mais alto o valor de pH, maior a quantidade de íons carbonato e bicarbonato. Sobre essa discussão, Duc et al. (2013) apontam que metais pesados dissolvidos em água são removidos da mesma por precipitados de carbonato-bicarbonato. Dessa forma, o aumento do pH pode provocar a diminuição da concentração de metais pesados na água, precipitando-os. No entanto, os níveis de pH observados nas águas dos corpos hídricos estudados esteve levemente ácido, não favorecendo esse comportamento. Adicionalmente, Fernandes et al. (2012), em estudo realizado nas águas da microbacia do rio Palmital - RJ, observaram níveis mais altos de Ferro durante o verão e outono. Foi atribuída a esse resultado a influência do pH levemente ácido da água do ambiente em estudo, já que em águas naturais a ocorrência de Ferro se dá na forma de partículas de hidróxido de Ferro ou na sua forma complexada orgânica, tendo a solubilidade dependente do pH.



▪ Média □ Erro padrão ▮ Máximo ⊥ Mínimo

Figura 6. Concentração dos macronutrientes Nitrato (A), Amônia (B) e Fósforo (C), nos quatro cursos d'água avaliados, na Bacia do rio Una (R-1 = rio Pirangi, R-2 = rio Una, R-3= Riacho dos Gatos e R-4 = rio Panelas).

Em geral, a presença de Ferro, em água de mananciais usados para consumo humano, não causa problemas relacionados à saúde, entretanto, pode comprometer a sua qualidade por afetar cor e sabor, além de causar manchas em tecidos e deterioração nas instalações hidráulicas (Moruzi e Reali, 2012).



▪ Média □ Erro padrão ▴ Máximo ⊥ Mínimo

Figura 7. Concentração de Ferro dissolvido (A), Alumínio (B) e Manganês (C) nos quatro cursos d'água avaliados, na Bacia do rio Una (R-1 = rio Pirangi, R-2 = rio Una, R-3 = Riacho dos Gatos e R-4 = rio Panelas).

No tocante às concentrações de Alumínio dissolvido (Figura 7b) foi possível constatar que grande parte dos valores encontrados esteve acima do limite permitido pela legislação, Resolução CONAMA 357/2005, que estabelece o nível máximo de 0,1 mg.L⁻¹ (Brasil, 2005).

Acerca dos níveis de Alumínio no ambiente em estudo, pesquisas desenvolvidas pela Companhia Ambiental do estado de São Paulo – CETESB

mostram que as concentrações de Alumínio dissolvido em águas com pH 7 variam de 0,001 a 0,05 mg.L⁻¹, mas aumentam para 0,5 - 1 mg.L⁻¹ em águas mais ácidas ou ricas em matéria orgânica (CESTESB, 2009), que foi a condição observada no presente estudo. De fato, as concentrações de Alumínio dissolvido observadas estiveram entre 0,1 e 1,0 mg.L⁻¹.

Ainda sobre o respectivo elemento químico (Al), é considerado o elemento metálico mais abundante da crosta terrestre, ocorrendo naturalmente no meio ambiente, na forma (Al³⁺), sendo redistribuído ou movido, por meio de atividades naturais ou antrópicas. É um composto neurotóxico, e o acúmulo desse metal no homem tem sido associado ao mal de Alzheimer, doença cerebral degenerativa de etiologia desconhecida caracterizada pela presença de um grande número de estruturas neurofibrilares e placas senis em certas regiões do cérebro (Reiber et al., 1995; Freitas et al., 2001).

Em relação aos níveis de Manganês observados, uma parte das amostras de água em R3 (riacho dos Gatos) e cerca de 80% das amostras em R-4 apresentaram concentrações desse metal acima do limite legal, 0,1 mg.L⁻¹, estabelecido pela resolução CONAMA 357/2005 (Brasil, 2005).

As concentrações de Manganês (Mn) normalmente estão presentes em águas superficiais em níveis abaixo de 0,2 mg.L⁻¹. Entretanto, concentrações de Mn até 0,5 mg.L⁻¹ é bem aceito pelos consumidores por não apresentar alterações na tonalidade da água (CETESB, 2009). No presente estudo, a maior concentração observada foi 0,53 mg.L⁻¹.

Corroborando com os níveis de Mn observados neste estudo, Oliveira e Nascimento (2006) destacam que os solos da Zona da Mata Sul de Pernambuco são ricos em Manganês, o que justifica as elevadas concentrações desse metal nos cursos d'água da Bacia do Una devido à lixiviação do solo. Adicionalmente a essa discussão, Oliveira et al. (2010), avaliaram níveis de Manganês nas águas do rio Salitre, no semiárido baiano, no período seco e chuvoso, e constataram concentrações mais altas durante o período seco, com valores chegando a 12 mg.L⁻¹.

Dado a importância do planejamento da operação de reservatórios, objetivando a melhoria da qualidade da água, Ion et al. (2016) avaliaram os aspectos físicos e químicos da água do reservatório Budeasa, que represa o rio Arges, na Romênia, e dentre outros parâmetros encontrava-se o manganês, o qual apresentou níveis em torno de 1 mg.L⁻¹, acima do estabelecido pela Resolução CONAMA 357/2005 (Brasil, 2005).

Seguindo essa mesma rota de estudos, Oliveira et al. (2014), monitoraram a qualidade da água do reservatório de Apipucos, na Região Metropolitana do Recife - PE, que dentre outros parâmetros avaliou a presença de Manganês. Os autores observaram ou níveis de Manganês de cerca de 1 mg.L^{-1} nas águas desse reservatório. Os resultados desse trabalho mostram a recorrência desse metal em reservatórios de Pernambuco.

De uma maneira geral, a exemplo do que pôde ser observado por Menezes et al. (2009), as fontes de contaminação antropogênica em águas superficiais, tal como as observadas neste estudo, desenvolvido nas áreas onde serão construídas as barragens de Igarapeba (R-1), Serro Azul (R-2), Lagoa dos Gatos (R-3) e Painelas II (R-4), estão em geral diretamente associadas a despejos domésticos, industriais e ao chorume oriundo de aterros de lixo que contaminam os lençóis freáticos com microorganismos patogênicos, além de promoverem, segundo Nordberg et al. (1985), a mobilização de metais naturalmente contidos no solo, como Alumínio, Ferro e Manganês.

Diversos cultivos, que podem estar associados ao uso de fertilizantes e agrotóxicos foram observados nas margens dos cursos d'água R-3 e R-4, nas áreas de influência direta das futuras barragens de Gatos e Painelas II, respectivamente, os quais apresentaram elevadas concentrações de Ferro, Manganês e matéria orgânica.

Adicionalmente as características naturais do ambiente, o uso e ocupação desordenados do solo em áreas margeadas por extensas bacias hidrográficas tem impactado diretamente na qualidade de suas águas. As Figuras 8 e 9 mostram os mapas de uso e ocupação do solo nas regiões do Riacho dos Gatos e rios Painelas, próximas aos eixos das respectivas barragens de Gatos e Painelas II.

Pela análise dos mapas é possível observar que as margens dos rios estão repletas de áreas de produção agrícola, onde se destaca a monocultura de cana-de-açúcar, cujo o uso de fertilizantes acaba levando aos rios em estudo, por lixiviação, macro e micronutrientes, além de matéria orgânica.

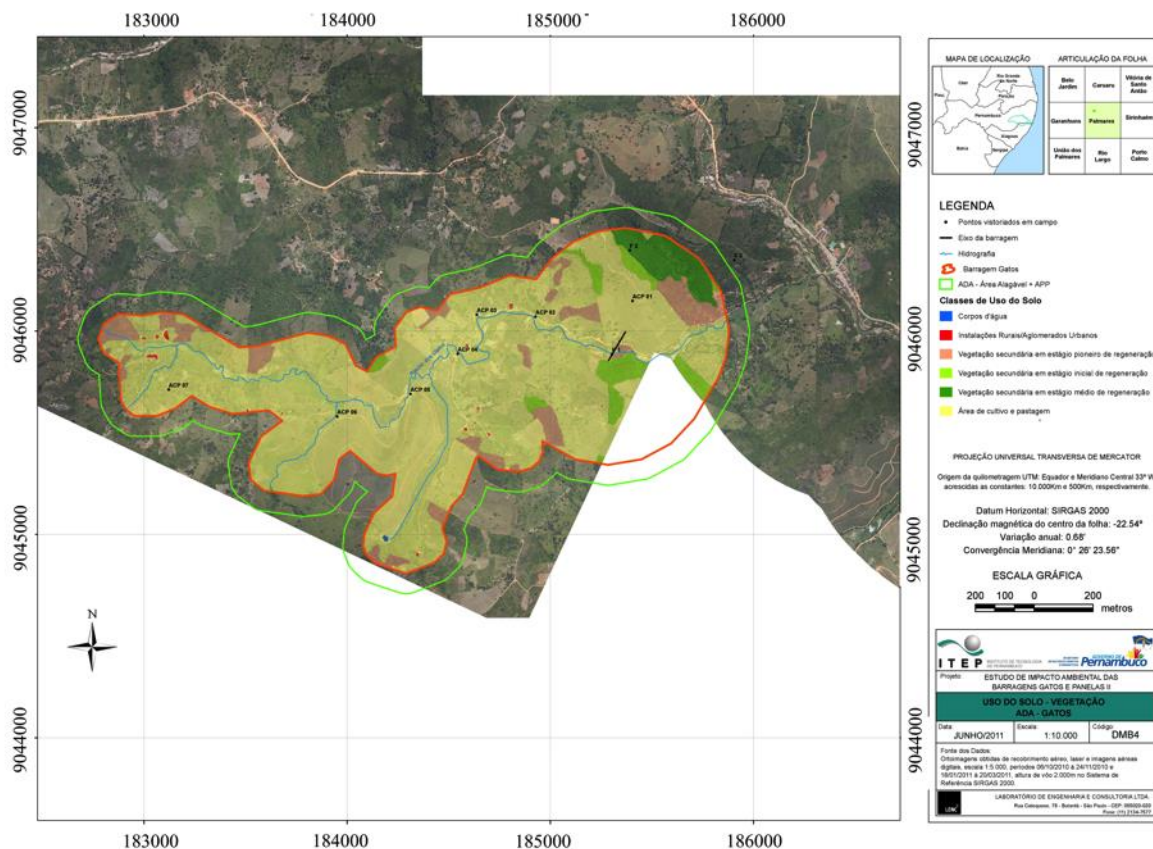


Figura 8. Mapa de uso e ocupação do solo do Riacho dos Gatos (R-3) na área próxima ao eixo da futura barragem de Gatos. (Fonte: ITEP, 2011a).

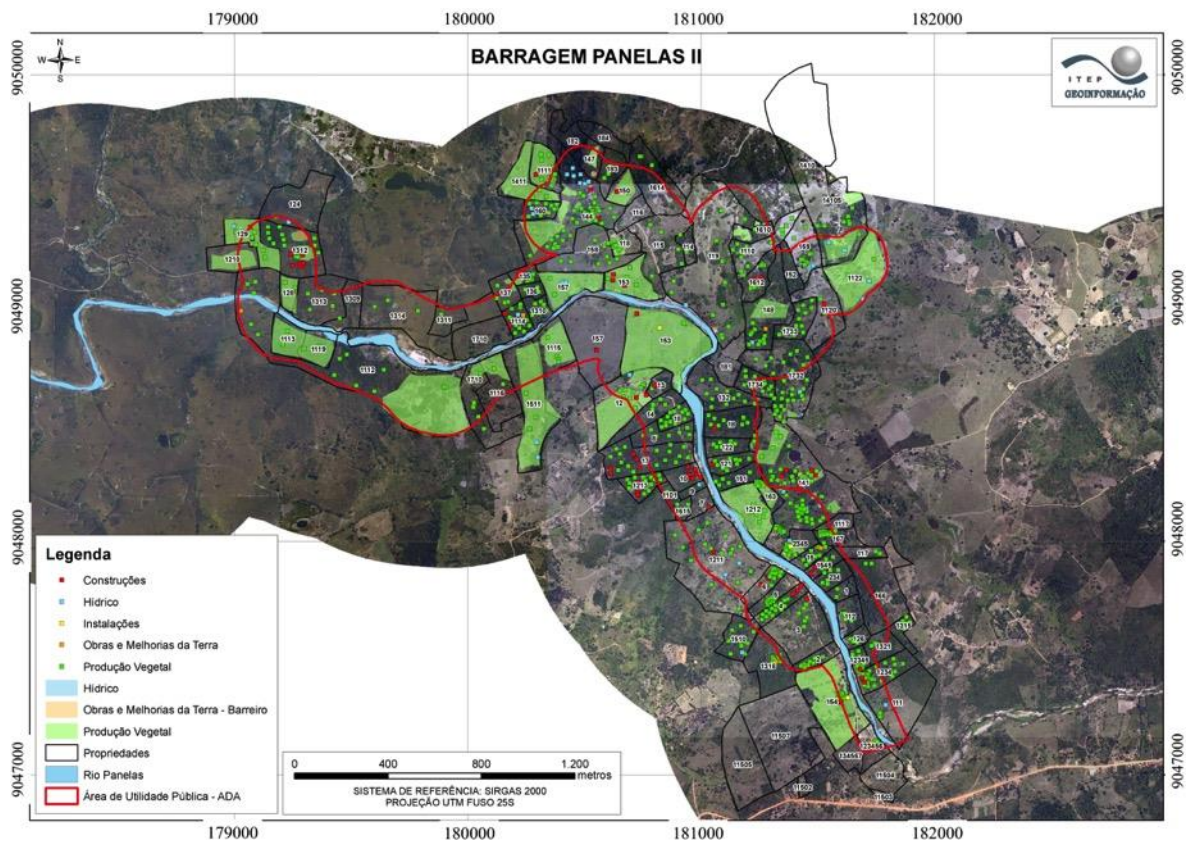


Figura 9. Mapa de uso e ocupação do solo do rio Panelas (R4) na área próxima ao eixo da futura barragem de Panelas II. (Fonte: ITEP, 2011b).

Considerando que não há como mudar as características naturais dos ambientes em estudo, e partindo da premissa de que ambientes lóticos serem potenciais receptores de metais, devido às suas características de ambientes deposicionais, podendo atingir níveis de contaminação bastante elevados, segundo Esteves (1998), futuramente quando os reservatórios previstos em R1, R2, R3 e R4 estiverem sendo utilizados, como mananciais para abastecimento público, deve ser previsto na concepção da Estação de Tratamento de Água (ETA), um tratamento para remoção de Ferro, Manganês e Alumínio.

A construção das barragens de Igarabepa, Serro azul, Gatos e Panelas II na Bacia do rio Una abre perspectivas para muitas atividades, especialmente para a indústria, a agricultura e a pecuária. As barragens poderão exercer uma influência preponderante no desenvolvimento e na prosperidade das cidades onde serão construídas, propiciando a criação de um número apreciável de novos empregos e de atividades comerciais correlatas. Entretanto, nem sempre suas consequências são favoráveis para as regiões próximas.

Um planejamento integrado e racional para o aproveitamento global dos recursos hídricos

disponibilizados a partir da construção das respectivas barragens deverá não somente prever os diversos usos, mas também as suas consequências para o meio ambiente, garantindo sua integridade e procurando satisfazer às necessidades humanas no seu sentido mais amplo. Muito embora a estratégia de planejamento, para múltiplos fins, seja politicamente atrativa e recomendável, tem sua aplicabilidade condicionada, muitas vezes, a restrições políticas e econômicas bem marcantes. O julgamento de sua viabilidade econômica não deverá estar somente baseado em benefícios diretos dele originados como, também, nos benefícios decorrentes da eliminação ou redução de danos ao ambiente.

Conclusão

Os parâmetros Turbidez, Nitrato e Amônia apresentaram concentrações dentro dos limites estabelecidos pela legislação ambiental pertinente e os valores de temperatura equivalente com o normalmente aos encontrados na região.

Em relação ao comprometimento da qualidade da água, o rio Panelas apresentou os maiores riscos, quando grande parte dos parâmetros avaliados estiveram fora dos limites preconizados pela legislação, com exceção apenas para os

parâmetros de pH, turbidez, Nitrato e Amônia que se apresentaram dentro dos limites legais, conforme já mencionado.

O parâmetro DBO apresentou concentrações fora dos limites legais em R-1, R-2 e R-4, valores que foram associados aos despejos de esgotos sanitários sem tratamento nos respectivos cursos de água.

As concentrações de Fósforo total estiveram bem acima dos limites recomendados. Este aspecto foi associado às diversas atividades agrícolas, sobretudo à monocultura da cana-de-açúcar, nas áreas que margeiam os cursos de água avaliados. Esse é um aspecto preocupante quando as águas dos rios passam ao regime lântico, sobretudo em relação à possibilidade de eutrofização e floração de algas tóxicas, cianobactérias.

As concentrações de Ferro e Manganês estiveram fora dos limites estabelecidos, cujos valores foram atribuídos às características naturais do solo da Bacia do rio Una. Por se tratar de uma característica natural, a ação recomendada é a previsão de unidades de remoção desses parâmetros na estação de tratamento da água, no momento da utilização dos mananciais para o abastecimento público.

As concentrações de Alumínio dissolvido apresentaram-se superiores aos limites preconizados pela legislação, e foram vinculadas ao enquadramento levemente ácido das águas com elevada concentração de material orgânico.

Com a mudança do regime dos cursos de água de lóticos para lânticos, a poluição e contaminação, de acordo com os parâmetros analisados, dos cursos de água, apresentam riscos de agravamento, em especial no que diz respeito a eutrofização da água, o que reforça a importância da gestão a nível de Bacia hidrográfica.

O trabalho conclui apresentando um prognóstico da qualidade da água nos ambientes onde serão construídas as barragens de Igarapeba, Serro Azul, Gatos e Panelas II, cuja imprevisão no planejamento e monitoramento da obra, a falta de estudos mais aprofundados sobre as influências do meio ambiente, ou a natural evolução sofrida para usos múltiplos de reservatórios previstos inicialmente para utilização única gerem posteriormente problemas, ao Poder Público, quando na busca das necessárias correções.

Agradecimentos

Os autores agradecem à Associação Instituto de Tecnologia de Pernambuco (ITEP-OS) pela disponibilização dos dados de qualidade de água.

Referências

- APAC. Agência Pernambucana de Águas e Clima, 2016. Bacias hidrográficas: Rio Una. Disponível: http://www.apac.pe.gov.br/pagina.php?page_id=5&subpage_id=23. Acesso: 3 mai. 2016.
- Albuquerque, R.T.D.B., Galvíncio, J.D., 2010. Cenários de Mudanças Climáticas na Bacia Hidrográfica do Rio Una – Pernambuco. *Revista Brasileira de Geografia Física* 3, 48-54.
- Alves, J.P.H., Garcia, C.A.B., Oliveira, A., Netto, A., Ferreira, R.A., Santos, D.B., Bezerra, D.S.S., Barbosa, C.D.E.S., Costa, A. S., 2007. Rio Poxim: qualidade da água e suas variações sazonais. In: *Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos*, 17, Anais... ABRH: São Paulo.
- Andrietti, G., Freire, R., Amaral, A., Almeida, F., Bongiovani, M., Schneider, R., 2016. Índice da qualidade da água e do estado trófico do rio Caiabi, MT. *Revista Ambiente & água* 11, 162-175.
- Angelocci, L.R., Villa Nova, N.A., 1995. Variações da temperatura da água de um pequeno lago artificial ao longo de um ano em Piracicaba - São Paulo. *Scientia Agricola* 52, 431-438.
- Barros, F.M., Martinez, M.A., Matos, A.T., Moreira, D.A.. Distribuição quantitativa de variáveis de qualidade da água coletada em diferentes pontos de um perfil transversal do rio Turvo Sujo, MG. *Engenharia na Agricultura* 20, 60-69.
- Brasil, 2005. Resolução do Conselho Nacional do Meio Ambiente CONAMA nº 357, de 17 de março.
- Buzelli, G.M., Cunha-Santino, M.B., 2013. Análise e diagnóstico da qualidade da água e estado trófico do reservatório de Barra Bonita - SP. *Revista Ambiente & Água* 8, 186-205.
- Cardoso, A.S., Silva Filho, S.M.P., Alves, A.P., Rocha, C.M.C., Cunha, M.C.C., 2013. Fitoplâncton como bioindicador de eventos extremos na Bacia do rio Una, Pernambuco, Brasil. *Revista Brasileira de Geografia Física* 6, 697-710.
- Chaves, A.D.C.G., Almeida, R.R.P., Crispim, D. L., Silva, F. T., Ferreira, A. C., 2015. Monitoramento e qualidade das águas do Rio Piranhas. *Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável* 10, 160-164.
- CETESB. Companhia Ambiental do estado de São Paulo, 2009. Qualidade das Águas Doces no Estado de São Paulo: significado ambiental e sanitário das variáveis de qualidade das águas e dos sedimentos e metodologias analíticas e de amostragem. Disponível: <http://cetesb.sp.gov.br/aguas-interiores/publicacoes-e-relatorios/>. Acesso: 13 mai. 2016.

- CETESB. Companhia Ambiental do Estado de São Paulo, ANA. Agência Nacional de Águas, 2011. Guia nacional de coleta e preservação de amostras: água, sedimento, comunidades aquáticas e efluentes líquidos. Disponível: <http://arquivos.ana.gov.br/institucional/sge/CEDOC/Catalogo/2012/GuiaNacionalDeColeta.pdf>. Acesso: 15 mai. 2016
- Duc, T.A., Loi, V.D., Thao, T.T., 2013. Partition of heavy metals in a tropical river system impacted by municipal waste. *Environmental Monitoring and Assessment* 185, 1907–1925.
- AGEITEC. Agência Embrapa de Informação Tecnológica, 2017. Território Mata Sul Pernambucana: recursos hídricos. Disponível: http://www.agencia.cnptia.embrapa.br/gestor/territorio_mata_sul_pernambucana/Abertura.html. Acesso: 1 set. 2017.
- Esteves, F.A., 1998. Fundamentos de Limnologia. 2 ed. Interciência: Rio de Janeiro.
- Fernandes, M.M., Ceddia, M.B., Gaspar, M.R., Gaspar, A., Moura, M.R., 2012. Influência do uso do solo na qualidade de água da microbacia Palmital, Macaé–RJ. *Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável* 7, 137-142.
- Ferreira, C.S., Cunha-Santino, M.B., 2014. Monitoramento da qualidade da água do rio monjolinho: a limnologia como uma ferramenta para a gestão ambiental. *Revista de Estudos Ambientais* 16, 27-37.
- Ferreira, K.C.D., Lopes, F.B., Andrade, E.M., Meireles, A.C.M., Silva, G.S., 2015. Adaptação do índice de qualidade de água da National Sanitation Foundation ao semiárido brasileiro. *Revista Ciência Agronômica* 46, 277-286.
- Franzen, M., Cybis, L.F.A., Merten, G.H., 2011. Circulação da água hipolimnética no reservatório divisa do sistema Salto (RS). *Revista Brasileira de Recursos Hídricos* 16, 41-48.
- Freitas, M.B., Brilhante, O.M., Almeida, L.M., 2001. Importância da análise de água para a saúde pública em duas regiões do Estado do Rio de Janeiro: enfoque para coliformes fecais, nitrato e alumínio. *Cadernos de Saúde Pública* 17, 651-660.
- Gupte, A., Shaikh, N., 2013. Seasonal Variations in Physicochemical Parameters and Primary Productivity of Shelar lake Bhiwandi, Thane, Maharashtra. *Universal Journal of Environmental Research and Technology* 3, 523-530.
- Huang, T., Li, X., Rijnaarts, H., Grotenhuis, T., Ma, W., Sun, X., Xu, J., 2014. Effects of storm runoff on the thermal regime and water quality of a deep, stratified reservoir in a temperate monsoon zone, in Northwest China. *Science of the Total Environment* 485-486, 820-827.
- Ion, A., Luminita, V., Irinel, B., Laura, C., 2016. Monitoring and evaluation of the water quality of Budeasa Reservoir–Arges River, Romania. *Environmental Monitoring and Assessment* 188, 1-14.
- ITEP. Instituto de Tecnologia de Pernambuco, 2011a. Estudo de Impacto Ambiental da Barragem de Gatos. 1 ed. ITEP: Recife.
- ITEP. Instituto de Tecnologia de Pernambuco, 2011b. Estudo de Impacto Ambiental da Barragem de Panelas II. 1 ed. ITEP: Recife.
- Lima, W.S., Garcia, C.A.B., 2008. Qualidade da Água em Ribeirópolis - SE: O Açúde do Cajueiro a Barragem do João Ferreira. *Scientia Plena* 4, 1-24.
- Menezes J.M., Prado, R.B., Silva Júnior, G.C., Mansur, K.L., Oliveira, E.S., 2009. Qualidade da água e sua relação espacial com as fontes de contaminação antrópicas e naturais: bacia hidrográfica do rio São Domingos – RJ. *Engenharia Agrícola* 29, 687-698.
- Marotta, H., Santos, R.O., Enrich-Prast, A., 2008. Monitoramento limnológico: um instrumento para a conservação dos recursos hídricos no planejamento e na gestão urbano-ambientais. *Revista Ambiente & Sociedade* 11, 67-79.
- Michalak, A.M., 2016. Study role of climate change in extreme threats to water quality. *Nature* 535, 349-352.
- Moruzi, R.B., Reali, M.A.P., 2012. Oxidação remoção de ferro e manganês em águas para fins de abastecimento público. *Revista de Engenharia e Tecnologia* 4, 29-43.
- Neves, M.A. Fonseca, L.C.; L.C.B., Macedo; Alves, J. P. H., 2016. Qualidade da água do reservatório Jaime Umbelino – Barragem do poxim/Sergipe. *Interfaces Científicas - Saúde e Ambiente* 5, 81 – 94.
- Nilsson, C., Reidy, C.A., Dynesius, M., Revenga, C., 2005. Fragmentation and flow regulation of the world's large river systems. *Science* 308, 405-408.
- Nordberg, G.F., Goyer, R.A. Clarkson, T.W., 1985. Impact of effects of acid precipitation on toxicity of metals. *Environmental Health Perspectives* 63, 169-180.
- Oliveira, A.B., Nascimento, C.W.A., 2006. Formas de manganês e ferro em solos de referência de Pernambuco. *Revista Brasileira de Ciências do Solo* 30, 99-110.
- Oliveira, C.N., Medeiros, V.P., Pinto, Y.D., 2010. Avaliação e identificação de parâmetros importantes para a qualidade de corpos d'água no semiárido baiano. Estudo de caso: Bacia

- hidrográfica do rio Salitre. *Química Nova* 23, 1059-1066.
- Padial, P.R., Pompêo, M., Moschini-Carlos, V., 2009. Heterogeneidade espacial e temporal da qualidade da água no reservatório rio das Pedras (Complexo Billings, São Paulo). *Revista Ambiente & Água* 4, 35-53.
- Paerl, H.W., Paul, V.J., 2012. Climate change: links to global expansion of harmful cyanobacteria. *Water Reserach* 46, 1349-1363.
- Queiroz, M.M.F., Dantas, E.F., Silva, A.L., 2013. Qualidade e quantidade da água do rio Piancó, tributário do rio Piranha - Açu na região Nordeste. *Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável* 8, 50-58.
- Queiroz, M.M.F., Iost, C., Gomes, S.D., Boas, M.A. V., 2010. Influência do uso do solo na qualidade da água de uma microbacia hidrográfica rural. *Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável* 5, 200-210.
- Rehana, S., Mujumdar, P.P., 2012. Climate change induced risk in water quality control problems. *Journal of Hydrology* 444, 63-77.
- Reiber, S., Kukull, W., Standish-Lee, P., 1995. Drinking water aluminum and bioavailability. *Journal of the American Water Works Association* 87, 86-99.
- Rice, E.W., Baird, R.B., Eaton, A.D. 2012. Standard methods for the examination of water and wastewater. 22 ed., American Public Health Association: Washington.
- Santos, S.M.S., Assis, J.M.O., Souza, W.M., 2014. Tendências de Mudanças Climáticas na Bacia do Rio Una, Pernambuco – Brasil. *Revista Brasileira de Geografia Física* 7, 243-257.
- Scarpinella, G.D., Miranda, R.B., Moccellin, J., Mauad, F.F., 2013. Produção de nitrogênio e fósforo totais provenientes da erosão em carreadores da cultura da cana de açúcar. *Recurso Hídrico* 34, 17-24.
- Silva, D.F., Galvêncio, J.D., Almeida, H.R.R.C., 2010. Variabilidade da qualidade de água na Bacia hidrográfica do Rio São Francisco e atividades antrópicas relacionadas. *Qualitas Revista Eletrônica* 9, 1-17.
- Silva, D.F., Sousa, F.A.S., Kayano, M. T., Galvêncio, J. D., 2009a. Influência da variabilidade climática global e de suas escalas temporais sobre a precipitação no alto Mundaú (PE). *Revista Brasileira de Geografia Física* 2, 64-82.
- Silva, I.F., Nóbrega, R.S., Galvêncio, J.D., 2009b. Impacto das mudanças climáticas nas respostas hidrológicas do rio Ipojuca (PE) – parte 2: cenários de aumento de temperatura. *Revista Brasileira de Geografia Física* 2, 19-30.
- Souza, F.F.C., Ribeiro, C.B.L., Fragozo Júnior, C.R., Otenio, M.R., 2016. Modelagem do regime térmico de um reservatório tropical de abastecimento público, Juiz de Fora, MG, Brasil. *Revista Ambiente & Água* 11, 60-74.
- Valente, J.P.S, Padilha, P.M., Silva, A.M.M., 1997. Oxigênio dissolvido (OD), demanda bioquímica de oxigênio (DBO) e demanda química de oxigênio (DQO) como parâmetros de poluição no ribeirão Lavapés/Botucatu - SP. *Eclética Química* 22, 49-66
- Vasco, A.N., Britto, F.B., Pereira, A.P.S., Mélo Júnior, A.V., Garcia, C.A.B., Nogueira, L.C., 2011. Avaliação espacial e temporal da qualidade da água na sub-Bacia do rio Poxim, Sergipe, Brasil. *Revista Ambiente & Água* 6, 118-130.
- Zucco, E., Pinheiro, A., Soares, P.A., Deschamps, F.C., 2012. Qualidade das águas em uma Bacia agrícola: subsídio para o programa de monitoramento. *Revista de Estudos Ambientais* 14, 88-97.