

## Qualidade das águas superficiais da universidade federal de campina grande: riscos e benefícios para reúso

Diante da crise hídrica enfrentada na cidade, a Universidade Federal de Campina Grande vem enfrentando dificuldades para irrigar as áreas verdes do campus, no entanto a instituição possui duas lagoas que podem ser utilizadas para esta finalidade. O presente trabalho teve como objetivo analisar a qualidade dessas águas para avaliar seu potencial de reúso nas áreas verdes do campus. A pesquisa foi realizada no ano de 2016, entre os meses de março a outubro, na qual foi avaliada a qualidade das águas por meio de sonda multiparâmetros e análises físico-químicas e microbiológicas. Os resultados foram comparados aos valores estabelecidos pela Resolução no 357 de 2005 do Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA), bem como utilizados para calcular o Índice de Qualidade da Água (IQA). O IQA de uma lagoa 1 foi classificado entre 'ruim' e 'péssimo' e o da outra lagoa 2 como 'péssimo', em todos os meses de estudo. Através dos resultados obtidos, foi constatado que as águas superficiais da UFCG são impróprias para irrigação sem tratamento, uma vez que os efluentes que contribuem com a recarga desses corpos hídricos estão deteriorando sua qualidade e proporcionando alterações dos parâmetros físico-químicos e microbiológicos do meio. Os resultados deste estudo podem fornecer informações valiosas sobre os níveis prováveis de risco microbiológico da utilização de tais águas superficiais nas cidades, principalmente no semiárido do Brasil e dê uma indicação do grau de tratamento necessário.

**Palavras-chave:** Crise hídrica; Reúso; Índice de Qualidade da Água.

## The quality of surface waters of the federal university of campina grande: risks and benefits for reuse

As a result of the prolonged drought faced by the city, the Federal University of Campina Grande has had difficulty to irrigate the green areas of the campus, however the institution has two lakes that can be used for this purpose. The present study aimed to analyze the quality of these waters to evaluate their potential for reuse in the green areas of the campus. The research was carried out in the year 2016, between March and October, and water quality was evaluated using a multi-parameter probe and physico-chemical and microbiological laboratory analyzes. The results were compared with values established by Resolution No. 357 of 2005 of the National Environment Council (CONAMA), as well as used to calculate the Water Quality Index (IQA). The IQA of Lake 1 was rated between 'bad' and 'very bad' and that of Lake 2 as 'bad' for all months of the study. The results obtained, showed that the UFCG surface waters are unfit for unrestricted irrigation, since the effluents contributing to the recharge of these water bodies are responsible for the poor water quality both in terms of physicochemical and microbiological parameters. The results of this study can provide valuable information about the probable levels of microbiological risk associated with the use of such surface water in cities, especially in the semi-arid region of Brazil, and give an indication of the degree of treatment required.

**Keywords:** Surface water monitoring; Reuse; Water Quality Index.

Topic: Engenharia de Recursos Hídricos

Received: 14/12/2017

Approved: 24/01/2018

Reviewed anonymously in the process of blind peer.

**Lazaro Ramom dos Santos Andrade**

Universidade Federal de Campina Grande, Brasil  
<http://lattes.cnpq.br/0831456683175856>  
[vasmeiras@hotmail.com](mailto:vasmeiras@hotmail.com)

**Sérgio Murilo Santos Araújo**

Universidade Federal de Campina Grande, Brasil  
<http://lattes.cnpq.br/669383265579279>  
[sergiomurilosa.ufcg@gmail.com](mailto:sergiomurilosa.ufcg@gmail.com)

**Kepler Borges França**

Universidade Federal de Campina Grande, Brasil  
<http://lattes.cnpq.br/3620576114544758>  
[kepler123@gmail.com](mailto:kepler123@gmail.com)

**Howard William Pearson**

Universidade Federal de Campina Grande, Brasil  
<http://lattes.cnpq.br/9063947672998261>  
[howard\\_william@uol.com.br](mailto:howard_william@uol.com.br)



DOI: 10.6008/CBPC2179-6858.2018.002.0015

### Referencing this:

ANDRADE, L. R. S.; ARAÚJO, S. M. S.; FRANÇA, K. B.; PEARSON, H. W.. Qualidade das águas superficiais da universidade federal de campina grande: riscos e benefícios para reúso. **Revista Ibero Americana de Ciências Ambientais**, v.9, n.2, p.170-184, 2018. DOI: <http://doi.org/10.6008/CBPC2179-6858.2018.002.0015>

## INTRODUÇÃO

O Brasil é um país mais rico em recursos hídricos, uma vez que possui cerca de 12% das reservas mundiais de água doce (GARCIA et al., 2008). Apesar disso, vem vivenciando sérios problemas de escassez de água, resultantes tanto da sua distribuição geográfica, como da contaminação proveniente das ações antrópicas. A baixa precipitação e a elevada evaporação dos ecossistemas aquáticos na região Nordeste, intensificam o processo de eutrofização resultando na perda de qualidade das águas.

Os impactos ambientais da degradação da qualidade das águas proporcionam diversos problemas como: o aumento no custo de tratamento das águas, aumento nas internações hospitalares, bem como a perda de produtividade na agricultura e na pecuária (BRASIL, 2014). A contaminação das águas superficiais com efluentes reduz seus múltiplos usos, devido à alteração nos parâmetros físico-químicos e microbiológicos. Como exemplo, temos diversos açudes em pequenas cidades que estão sem utilidade por conta dessa problemática.

Dentro desse contexto a Universidade Federal de Campina Grande (UFCG), campus I, possui duas lagoas que recebem efluentes sanitários da área interna, bem como de bairros vizinhos como Bela Vista e Monte Santo. De acordo com o Portal Transparência do Governo Federal, no mês de março de 2015, a universidade pagou R\$ 66.325,98 de serviços de água e esgoto sanitário. Em virtude disso, o reúso dessas águas apresenta vantagens, do ponto de vista econômico, social e ambiental.

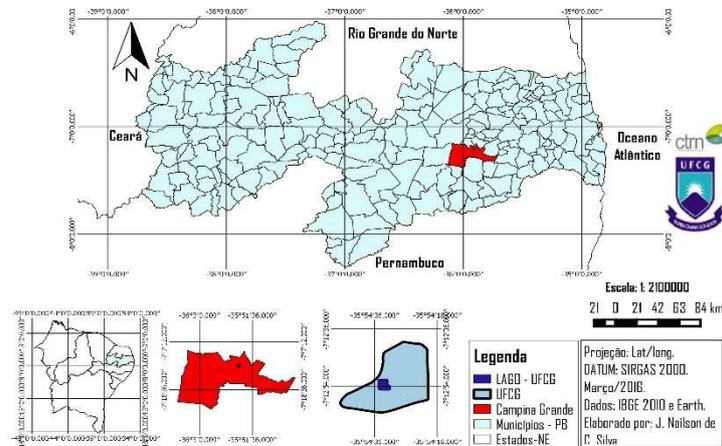
A utilização dessas águas deve tomar como base, os parâmetros estabelecidos pela Resolução nº 357 de 2005 do Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA), que classifica e estabelece os padrões para utilização de águas para irrigação. Sendo utilizadas fora dos padrões exigidos, podem causar danos à saúde humana devido à quantidade de patógenos, além de interferirem no desenvolvimento das culturas, devido à elevada concentração de sais.

A agricultura irrigada depende tanto da quantidade como da qualidade da água. Obedecer aos parâmetros de qualidade de água para irrigação garante o desenvolvimento das aculturas, além da conservação do solo e da qualidade de vida da população. Ayers et al. (1999), determinaram alguns parâmetros que devem ser avaliados para irrigação, com seus respectivos valores de referência, como por exemplo, a condutividade elétrica. Dessa forma, conhecer a qualidade dessas águas se faz necessário, uma vez que esse monitoramento é uma importante ferramenta para a gestão ambiental, possibilitando identificar os principais impactos responsáveis pela degradação, além de fornecer subsídios para eventuais planos de recuperação.

Diante do contexto apresentado, o objetivo do trabalho foi analisar a qualidade das águas superficiais de duas lagoas existentes no campus sede da UFCG, para fins de reúso na irrigação de áreas verdes. Tal avaliação fornece informações sobre o risco real que essas águas trazem e o tratamento necessário antes do reúso, de modo a evitar problemas para a saúde da população do campus. Nesse contexto, esse trabalho tem implicações para cidades difusas que tem o mesmo desafio.

## MATERIAIS E MÉTODOS

A área de estudo possui uma área física de 62,6 há (figura 1), compreendendo o campus sede da Universidade Federal de Campina Grande (UFCG), com coordenadas 7° 12'58.7''S e 35° 54'35.7''W.



**Figura 1:** Localização geográfica da área de estudo.

Na UFCG existem duas lagoas que atualmente são utilizadas para paisagismo, com potencial para irrigação das áreas verdes do campus em períodos de estiagem. A recarga de água dessas lagoas é realizada por meio da precipitação e drenagem de efluentes. Para efeito de pesquisa, denominamos essas lagoas de lagoa 1 e lagoa 2. Entre elas foram construídas um canal que direciona diversos efluentes do campus para dentro da lagoa 2, conforme apresentado na figura 2.



**Figura 1:** Delimitação da área de estudo.

O desenvolvimento da pesquisa se deu a partir das seguintes etapas: 1. Visitas de campo para identificação e mapeamento dos principais pontos de entrada de efluentes nas águas superficiais; 2. Realização de análises da qualidade da água nas lagoas e na saída do canal, com auxílio de uma sonda multiparâmetros em intervalos de dois dias, a uma profundidade de 50 centímetros; 3. Coleta quinzenal de água para análise em laboratório, de fósforo total, nitrato, DBO e microbiológicas do tipo Termotolerantes, nos mesmos pontos de monitoramento da sonda; 4. Elaboração de diagnóstico da qualidade das águas do campus, por meio do Índice de Qualidade da Água.

Para a análise da qualidade da água foi utilizada uma sonda multiparâmetros modelo DS5X de marca Hydrolab acoplada a uma boia. A sonda foi programada para realizar as leituras dos parâmetros a cada um minuto, e os dados foram armazenados em um computador, gerando um banco de dados, assim, foram calculados as médias e o desvio padrão para cada parâmetro. O monitoramento se deu em função das fases sazonais do ano, no período de março a outubro de 2016. As precipitações dos períodos estudados estão apresentadas na Tabela 1.

**Tabela 1:** Valores de precipitação no ano de 2016.

Meses	Pluviometria (mm)
Março	82,7
Abril	101,8
Mai	79,1
Junho	25,8
Julho	17,4
Agosto	8,6
Setembro	12,9
Outubro	3,2

Fonte: AESA (2016).

A sonda DS5X possui sete sensores de leitura: temperatura; condutividade elétrica; sólidos totais dissolvidos (STD); potencial hidrogeniônico (pH); turbidez; oxigênio dissolvido e profundidade. Além da leitura desses parâmetros, também foram realizadas coletas de água para análises de: fósforo total, nitrato, demanda bioquímica de oxigênio, clorofila *a*, e bactérias termotolerantes. As análises foram realizadas em triplicatas, seguindo-se as recomendações do Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater (APHA, 1999). Foram coletadas amostras de água nas duas lagoas e na saída do canal: lagoa 1 (Ponto1), saída do canal (Ponto2) e na lagoa 2 (Pontos 3.1 a 3.4). No quadro 1, estão informadas as coordenadas geográficas desses pontos:

**Quadro 1:** Pontos georreferenciados de coleta de água.

Pontos de coleta	Latitude	Longitude
Ponto 1	7°12'56.88''S	35°54'28.43''O
Ponto 2	7°12'54.52''S	35°54'31.27''O
Ponto 3.1	7°12'53.67''S	35°54'32.62''O
Ponto 3.2	7°12'53.68''S	35°54'33.13''O
Ponto 3.3	7°12'53.03''S	35°54'34.52''O
Ponto 3.4	7°12'53.33''S	35°54'33.95''O

Na lagoa 2, os quatro pontos foram escolhidos de forma estratégica: próximo a saída de um quiosque de lanche (P3.1), próximo a uma árvore onde diversas aves pousam e depositam seus dejetos na água (P3.2), próximo ao sangradouro (P3.3) e no meio da lagoa (P3.4), conforme ilustrado na figura 3. As amostras colhidas foram acondicionadas adequadamente e levadas para serem analisadas no Laboratório de Referência em Dessalinização (LABDES) da Universidade Federal de Campina Grande (UFCG). Os parâmetros foram avaliados a fim de se diagnosticar a qualidade dessas águas, por meio do Índice de Qualidade de Água (IQA). Foi desenvolvida uma matriz, para comparação dos resultados obtidos com os limites estabelecidos pela legislação vigente (Resolução CONAMA nº 357/2005), avaliando-se assim, a qualidade ambiental dos locais onde foram coletadas as amostras. O Índice de Qualidade de Água (IQA), desenvolvido pela National

Sanitation Foundation (NSF) dos Estados Unidos, utiliza nove parâmetros com peso conforme descrito no quadro 2.

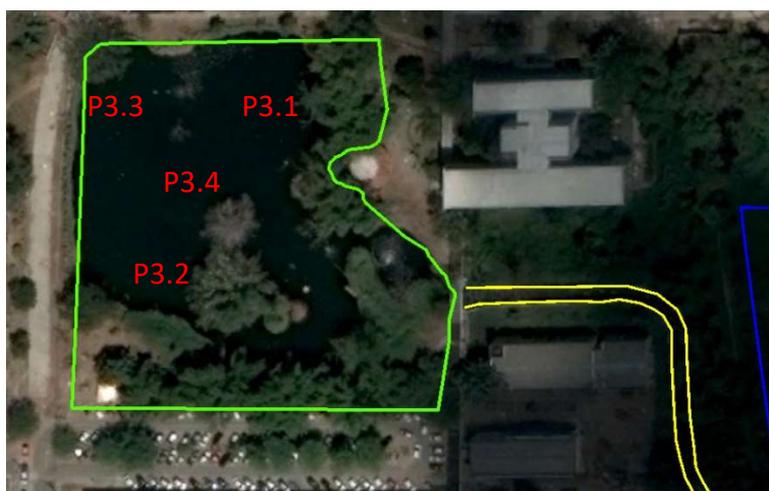


Figura 3: Ponto de coleta de água na lagoa 2.

**Quadro 2:** Variáveis e respectivos pesos adotados no modelo de IQA da NSF.

Variáveis	Unidade de medida	Pesos (wi)
Coliformes termotolerantes	NMP 100 mL <sup>-1</sup>	0,16
Demanda bioquímica de oxigênio	mgL <sup>-1</sup> , O <sub>2</sub>	0,11
Fosfato total	mgL <sup>-1</sup> , PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup>	0,10
Nitratos	mgL <sup>-1</sup> , NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	0,10
Oxigênio dissolvido	% Saturação	0,17
Ph	-	0,11
Sólidos totais dissolvidos	mgL <sup>-1</sup>	0,07
Temperatura	°C	0,10
Turbidez	uT ou NTU	0,08

Fonte: NSF (2007).

O valor de IQA foi determinado como o produtório ponderado da qualidade da água das nove variáveis selecionadas, elevadas ao seu respectivo peso, conforme pode ser observado na equação 1. A interpretação do valor de IQA se dá por faixas de qualidade, conforme o quadro 4 (NSF, 2007).

$$\text{Equação 1: } IQA = \prod_{i=1}^n q_i^{w_i}$$

**Onde:** IQA - índice de qualidade da água (0 a 100);  $q_i$  - qualidade da variável  $i$  obtido através da curva média específica de qualidade (0 a 100);  $n$  - números de variáveis utilizadas;  $w_i$  - peso atribuído a cada variável, em função de sua importância na qualidade da água (0 a 1). A qualidade da água foi indicada em função do valor de IQA, obtido conforme apresentado no quadro 3.

A correlação linear de Pearson foi realizada para evidenciar a proporcionalidade entre a qualidade da água dos pontos de coleta, a fim de investigar a relação entre elas. Para verificar o efeito das fontes de variação (pontos de coleta) sobre os parâmetros de qualidade da água, utilizou-se a análise de variância (ANOVA) de uma Via (One Way Anova), considerando o nível de significância de 5%. Os testes foram realizados por meio do programa computacional Microsoft Excel 2011, de modo que a variância é significativa quando  $p < 0,05$ .

**Quadro 3:** Níveis de qualidade da água para o IQA.

Níveis do IQA	Classificação	Cores
IQA < 25	Péssima	
26 < IQA < 50	Ruim	
51 < IQA < 70	Regular	
71 < IQA < 90	Bom	
91 < IQA ≤ 100)	Ótima	

Fonte: ANA (2015).

A correlação linear de Pearson foi realizada para evidenciar a proporcionalidade entre a qualidade da água dos pontos de coleta, a fim de investigar a relação entre elas. Para verificar o efeito das fontes de variação (pontos de coleta) sobre os parâmetros de qualidade da água, utilizou-se a análise de variância (ANOVA) de uma Via (One Way Anova), considerando o nível de significância de 5%. Os testes foram realizados por meio do programa computacional Microsoft Excel 2011, de modo que a variância é significativa quando  $p < 0,05$ .

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

### Parâmetros analisados através da sonda multiparâmetros

Os resultados observados através do monitoramento realizado com a sonda multiparâmetros estão apresentados na tabela 2. A temperatura nos três pontos de coleta apresentou médias próximas a 24°C. De acordo com Melo et al. (2009), temperaturas abaixo de 18 °C e acima de 24 °C podem afetar a absorção de nutrientes, assim como a temperatura máxima não deve ultrapassar aos 30 °C. A correlação de Pearson entre os três pontos foi positiva com  $r=0,95$  entre P1 e P2,  $r=0,95$  entre P2 e P3, e  $r=0,99$  entre P1 e P3. A variação da temperatura dentro dos sistemas aquáticos é de suma importância, uma vez que esse parâmetro influencia diretamente nas condições físico-químicas e biológicas da água, como alteração do pH, concentração de oxigênio dissolvido e proliferação de microalgas ou cianobactérias, que por sua vez elevam a turbidez. A ANOVA não apresenta variação significativa de temperatura ( $p=7,38$ ), mas esse resultado está ligado diretamente as condições climáticas de baixa precipitação e altas temperaturas durante o ano de 2016.

**Tabela 2:** Resultados dos parâmetros analisados pela sonda multiparâmetro.

Parâmetros	P1				P2				P3			
	Med	DP	VMX	VMN	Med	DP	VMX	VMN	Med	DP	VMX	VMN
Temperatura (°C)	24,3	1,54	26,5	22,4	24,45	1,48	26,8	22,7	24,5	1,51	26,7	22,8
pH	7,54	0,45	8	6,99	7,97	0,64	8,9	7,28	8,33	0,74	9,15	7,34
Condutividade ( $\mu\text{S cm}^{-1}$ )	2356	575,7	2590	1061	1930	387,5	2542	1261	2169	278,2	2685	1706
STD ( $\text{mg L}^{-1}$ )	1500	350,2	1540	700	1375	278,2	1700	800	1400	302,2	1790	800
OD ( $\text{mg L}^{-1}$ )	3,9	1,96	5,72	0,8	3,85	1,81	6,31	0,95	2,6	2,21	7,5	0,93
Turbidez (NTU)	45,6	10,87	57,3	26	32,9	16,14	59,6	18,9	54,8	17,4	74	26,7

Os resultados de pH estão dentro do exigido pela Resolução do Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA) nº 357 de 2005 nos pontos 1 e 2, de modo que, apenas o ponto 3, no mês de outubro, apresentou valor acima do recomendado (9,15). Esse resultado está diretamente relacionado à diminuição do volume de água da lagoa, devido à escassez de chuvas, uma vez que essa redução do volume hídrico diminui a diluição

dos efluentes lançados, que por sua vez interferem no pH do meio. O coeficiente de correlação de Pearson (r) apresentou forte correlação, uma vez que  $r=0,93$  entre P1 e P2,  $r=0,97$  entre P1 e P3 e  $r=0,97$  entre P2 e P3. Dessa forma podemos confirmar a influência do efluente lançado pelo P2 na alteração do pH da P3. A qualidade desse efluente se encontra dentro do estabelecido pela Portaria CONAMA nº 430 de 2011, que recomenda valores de pH entre 5 a 9.

A variação de pH não foi significativa entre os pontos de coleta, uma vez que a ANOVA apresentou  $p=0,09$ . Podemos notar que há elevação desse parâmetro ao longo dos meses, sendo esse fato intensificado nos meses de menor precipitação, como agosto e outubro. O aumento da fotossíntese pode influenciar o pH do meio, principalmente nos meses de maior incidência solar como nos meses de julho a outubro (MAGALY et al., 2014). Valores de pH alcalino foram registradas em reservatórios eutróficos, no nordeste do Brasil, como nos estudos realizados por Oliveira et al. (2014) e Oliveira et al. (2015).

A condutividade elétrica (CE) indica a quantidade de sais dissolvidos na água. A Resolução CONAMA nº 357/2005 não estabelece valores limites para CE, no entanto, Ayers et al. (1976), indicam que águas com CE menor que  $700 \mu\text{S cm}^{-1}$  podem ser utilizadas para irrigação sem nenhuma restrição de uso. As análises realizadas apresentam valores acima do estabelecido pelos autores (tabela 2) nos três pontos de modo que podem causar danos às culturas irrigadas. De acordo com Santana et al. (2007), águas contendo concentrações elevadas de sais acumulam-se na zona radicular, diminuindo a disponibilidade de água e acelerando sua escassez.

A variação de condutividade elétrica não foi significativa, uma vez que a ANOVA apresentou  $p=0,48$ , de modo que a correlação entre P1 e P2 é média ( $r=0,65$ ), e fraca entre P1 e P3 ( $r=0,02$ ), assim como entre P2 e P3 ( $r=0,3$ ). Podemos notar que há uma elevação no valor de condutividade elétrica nos meses de baixa precipitação principalmente como nos meses de agosto a outubro. De acordo com Vanzella (2004), quando ocorre redução do volume de água no manancial, a concentração de sais dissolvidos aumenta, influenciando na condutividade elétrica.

A determinação da condutividade elétrica das águas empregadas na irrigação tem grande importância, principalmente no caso das águas residuárias que podem conter altas concentrações de sais. A falta de controle da salinidade das águas pode acarretar problemas como a queda de produtividade e degradação das áreas irrigadas. A utilização das águas de P1 e P3, pode provocar alterações na qualidade do solo e no desenvolvimento das culturas plantadas.

O total de Sólidos Dissolvidos (STD), assim como a condutividade elétrica, fornece uma medida quantitativa do total de sais dissolvidos na água de irrigação. A resolução CONAMA nº 357/2005, estipula um valor máximo de  $500 \text{ mg L}^{-1}$ , dessa forma todos os valores descritos na tabela 2, estão fora dos padrões exigidos. Segundo Andrade (2008), a irrigação com águas de elevado teor de sólidos totais dissolvidos pode provocar alterações na capacidade de infiltração do solo e de germinação devido à formação de uma crosta na superfície.

A variação de STD não foi significativa, uma vez que a ANOVA apresentou  $p=0,057$ , havendo um aumento nos três últimos meses em decorrência da baixa precipitação, assim como a condutividade elétrica.

Entre os pontos de coleta mostrou-se uma forte correlação, de modo que P1 e P2 ( $r=0,84$ ), P1 e P3 ( $r=0,65$ ) e P2 e P3 ( $0,91$ ). O menor valor de STD em P3 foi  $800 \text{ mg L}^{-1}$ , no mês de abril. Esse valor está diretamente relacionado à maior precipitação ocorrida durante o ano de 2016. Podemos observar também que o STD do P1, no mesmo mês, apresentou valor ainda menor ( $700 \text{ mg L}^{-1}$ ), ou seja a quantidade de sais provenientes de P3 está sendo influenciada pela entrada dos efluentes advindos dos pontos adjacentes que se encontram no P2 e deságuam em P3.

As análises de oxigênio dissolvido (OD) são úteis para se verificar os níveis de poluição das águas e para controle dos processos de tratamento de esgotos. A resolução vigente estabelece valor não inferior a  $5,0 \text{ mg/L}$ , sendo assim apenas os meses de março apresentaram valores dentro do recomendado nos três pontos de coleta. O mês de maio também apresentou concentrações de OD ideal em P1 e P3. As variações de oxigênio dissolvido (OD) não foram significantes uma vez que a ANOVA apresentou  $p = 0,92$  entre os três pontos de coleta. Isso significa que as variações de OD entre os três pontos não sofreram grandes alterações, devido ao consumo desse oxigênio por decomposição da matéria orgânica ou respiração realizada por microrganismos.

A correlação entre o OD de P1 e P2 foi forte ( $r=0,83$ ), assim como entre P2 e P3 ( $r=0,8$ ), no entanto entre P1 e P3 existiu uma correlação média ( $r=0,67$ ). Ou seja, o efluente proveniente do P2 tem uma forte relação na diminuição do OD de P3. O intenso lançamento de efluentes é o principal responsável pela redução do oxigênio dissolvido nesse meio aquático. A turbidez é importante, pois valores elevados podem acarretar na redução da fotossíntese da vegetação aquática que por sua vez pode suprir a produtividade de peixes, influenciando nas comunidades biológicas aquáticas. A resolução 357/2005 do CONAMA estabelece o valor máximo de 100 UNT, de modo que os resultados apresentados na tabela 2 se encontram dentro do estabelecido para águas tipo 2, 3 e 4.

Dessa forma esse parâmetro isoladamente não acarretaria danos para irrigação, porém valores elevados podem estar associados à presença de partículas suspensas ou a proliferação de microrganismos, como algas e cianobactérias, que elevam a turbidez devido ao aumento da clorofila A durante o processo de fotossíntese. Valores elevados de turbidez podem influenciar no tipo de irrigação utilizada, podendo causar entupimento de equipamento. A ANOVA não apresentou variação significativa entre a turbidez dos três pontos de coleta com  $p = 0,07$ . Esses dados podem ser interpretados em função da intensa radiação solar que a cidade de Campina Grande sofreu no ano de 2016, fato esse que intensificou a atividade fotossintetizante dos organismos do fitoplâncton. A correlação da turbidez em função dos pontos de coleta obteve um comportamento média positiva entre P1 e P3 ( $r=0,69$ ) e fraca positiva entre P1 e P2 ( $r=0,46$ ) e P2 e P3 ( $r=0,36$ ).

A turbidez elevada da água pode diminuir a penetração de luz e impedir a fotossíntese. Segundo Lopes et al. (2010), em períodos chuvosos, a quantidade de material suspenso aumenta acentuadamente a turbidez, o mês de abril apresentou os maiores valores desse parâmetro em P2 e P3. Esse resultado está relacionado à movimentação do sedimento em locais rasos como a zona litorânea, erosão das margens por falta de vegetação ripária, folhagens e galhos de árvores que são levados para dentro do corpo hídrico por

ação dos ventos e da correnteza. No entanto, vale destacar o valor considerável de 70,9 NTU no mês de setembro mesmo com o período de estiagem severa. Esse resultado se dá em decorrência do efluente lançado em P3 proveniente de P2, contendo grande quantidade de partículas suspensas. Outro fator culminante foi o elevado valor de clorofila A (501.95 mg/L), proporcionando assim a elevação da turbidez devido a coloração verde da água.

### Análises em laboratório

A legislação estabelece valor máximo para corpos hídricos de água doce nas Classes 1, 2, e 3 e de até 10,0 mg/L de nitrato. De acordo com Ayers et al. (1976) o valor máximo de nitrato em água para irrigação não deve ultrapassar 10,0 mg/L, sendo assim, as águas de P1 e P3 (figura 4) estão em conformidade para irrigação de áreas verdes do campus, no que concerne esse parâmetro. Almeida (2016), em seu estudo, apresentou resultado de nitrato igual 0,5 mg/L na água do Açude Velho, em Campina Grande-PB esse corpo hídrico é alimentado com águas poluídas.

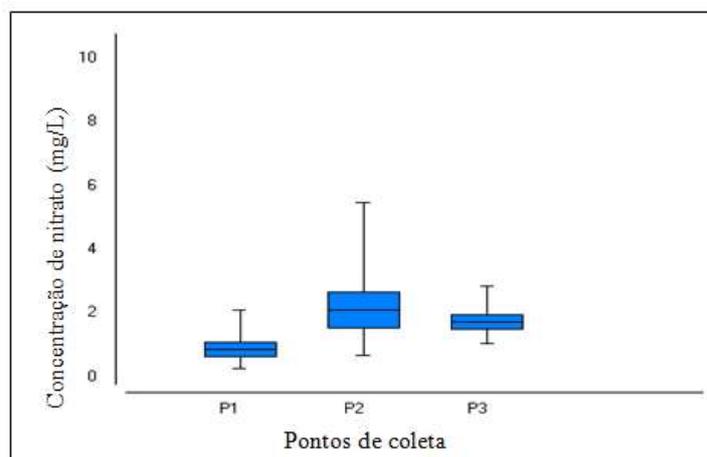


Figura 4: Concentração de nitrato nos pontos de coleta.

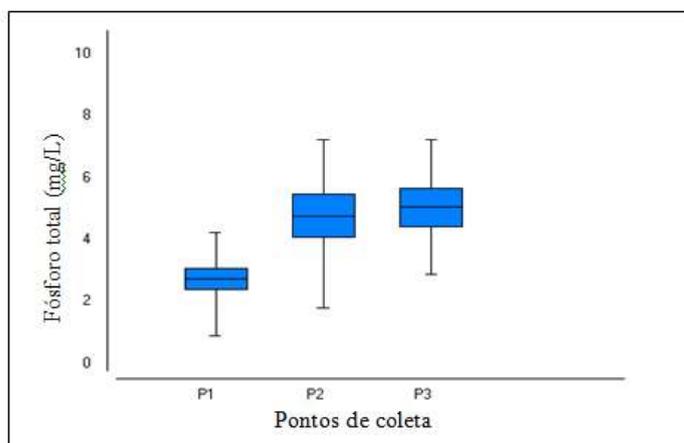
A variação das médias entre os três pontos não foi significativa, uma vez que a ANOVA apresentou  $p=0,093$ . Por sua vez a correlação entre P1 e P2 foi fraca ( $r=0,33$ ), assim como entre P1 e P3 ( $r=0,33$ ), e forte entre P2 e P3 ( $r=0,94$ ). Dessa forma a entrada de efluente de P2 está influenciando na qualidade da água de P3, devido os efluentes advindos dos prédios próximos a P2. Em lagos, concentrações de nitrato acima de 0,2 mg/L tendem a estimular o crescimento alga e indicam possíveis condições eutróficas, (UNESCO/WHO/UNEP, 1996).

O Fósforo Total é um elemento indispensável para o crescimento de algas e, quando em elevadas concentrações em lagos e represas, pode conduzir a um crescimento exagerado desses organismos (eutrofização). A descarga de efluentes em corpos d'água, bem como o uso de fertilizantes e pesticidas, são fatores que proporcionam maiores níveis de fósforo nesses ambientes.

Em ambientes lânticos, a resolução CONAMA nº 357/2005 estabelece valor máximo de fósforo total de 0,03 mg/L. Todos os valores presentes na figura 5 se encontram acima do estabelecido. O alto teor de fósforo nos P1 e P3 tem relação direta com os efluentes que são lançados nesses pontos, o que, segundo

Sperling (1996), poderia causar um excessivo crescimento de algas e um possível entupimento do sistema de irrigação. A análise de variância entre os três pontos de coleta apresentou valor significativo ( $p=0,015$ ), havendo forte correlação ( $r=0,82$ ) entre o efluente advindo do canal (P2) e a água da lagoa (P3). As correlações entre os demais pontos também foram fortes positivas, P1 e P2 ( $r=0,8$ ) e P1 e P3 ( $r=0,76$ ).

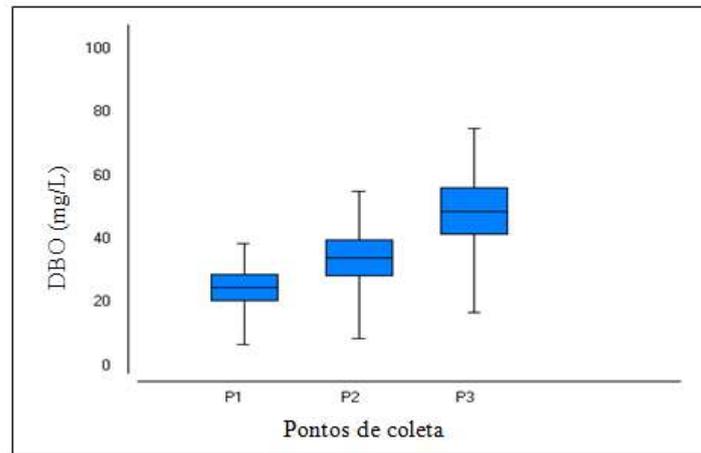
O fósforo apresentou concentração mais elevada nos meses com menor precipitação, resultados também encontrados por Oliveira et al. (2011), Dantas (2012), Oliveira et al. (2014) e Oliveira et al. (2015), em reservatórios eutróficos no Nordeste brasileiro. Estudos realizados por Moura et al. (2007) e Dellamano et al. (2008) detectam concentrações menores de fósforo na estação chuvosa, possivelmente como um resultado do efeito de diluição e precipitação. Almeida (2016), também encontrou valor acima de 0,025 mg/L no Açude Velho em Campina Grande/PB.



**Figura 5:** Análises de fósforo total nos pontos de coleta

A DBO refere-se exclusivamente à matéria orgânica mineralizada por atividade dos micro-organismos, ou seja, proveniente principalmente dos efluentes. A resolução CONAMA nº 357/2005 enquadra os corpos hídricos de água doce nas Classes 1, 2 e 3 os valores de DBO, não devem ser superiores a 3 mg/L, 5 mg/L e 10 mg/L, respectivamente. Sendo assim, essas águas analisadas (figura 6) não podem ser enquadradas em nenhuma dessas classes, exceto a colhida no P1, no mês de maio, que foi enquadrada como classe 3, os demais resultados classificam essas águas na classe 4. Esses resultados demonstram que a quantidade de matéria orgânica introduzida é maior que sua capacidade de assimilação.

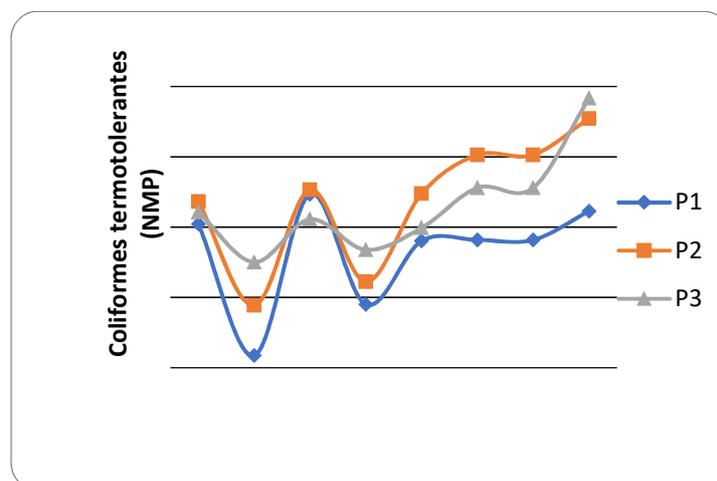
A análise de variância foi significativa, entre os três pontos de coleta, com  $p = 0,025$ , de modo que a correlação entre P1 e P2 foi forte ( $r = 0,85$ ), média entre P1 e P3 ( $r = 0,66$ ) e também forte entre P2 e P3 ( $r = 0,84$ ). Isso significa que a matéria orgânica eliminada pelo canal (P2) está influenciando efetivamente a degradação da qualidade da água da lagoa 2 (P3). A resolução CONAMA nº 430 recomenda valor máximo de lançamento de efluente 120 mg/L em corpos de água, sendo assim o efluente proveniente de P2 se enquadra dentro do estabelecido.



**Figura 6:** Análises de DBO nos pontos e coleta.

O aumento da DBO nos corpos de água pode ser decorrente de despejos de esgoto, provocando um aumento no teor de matéria orgânica, tendo como consequência a diminuição do oxigênio dissolvido por oxidação, o que causa a morte de animais, além de alterar, tanto o cheiro quanto o sabor da água (CETESB, 2009). Evidências como essas foram registradas no decorrer da pesquisa, nos meses de junho a outubro, quando a média de OD foi de 2,4 mg/L, além do mau cheiro provocado pela decomposição da matéria orgânica principalmente nos meses de menor incidência de chuva, como em outubro. Em termos de irrigação os valores apresentados nessa pesquisa isoladamente não são problemas para a irrigação, uma vez que indicam a quantidade de matéria orgânica necessária para o desenvolvimento de culturas. Porém podem indicar níveis elevados de contaminação bacteriológica.

Os coliformes Termotolerantes (CT) são bactérias indicadoras de contaminação fecal, apresentando potencial de contaminação de bactérias patogênicas. O número de CT em P1 variou de  $3.30E+03$  a  $6.50E+05$  NMP, em P3 variou de  $7.00E+04$  a  $1.50E+07$  NMP (figura 7). A resolução nº 357 do CONAMA estabelece valor máximo de  $1.00E+03$  NMP para irrigação de parques públicos e jardins. Sendo assim essas águas estão fora dos padrões estabelecidos para uso na irrigação. A utilização dessas águas, não tratadas, para irrigação do campo de futebol e de áreas verdes possibilita risco de contaminação por meio de parasitas, bactérias e vírus.



**Figura 7:** Resultados de bactérias termotolerantes nos pontos de coleta.

A análise de variância não apresentou variação significativa entre os três pontos de coleta ( $p=0,46$ ). Analisando os pontos amostrais, a correlação entre P1 e P2 é fraca ( $r=0,3$ ) assim como entre P1 e P3 ( $r=0,3$ ), porém entre P2 e P3 é forte ( $r=0,95$ ). Dessa forma podemos verificar a influência do efluente lançando por P2, no aumento de bactérias na lagoa 2, de forma geral o ponto 1 apresenta a menor concentração de CT em relação aos demais pontos, devido ao tratamento naturais das plantas aquáticas (wetlands) presentes. Por sua vez P2 apresenta maior concentração de CT em relação a P3 em detrimento das diversas entradas de efluentes provenientes do campus.

O mês de outubro apresentou o maior número de CT em P3, esse resultado se dá em função da baixa precipitação, bem como a diminuição da vazão de P2 em P3. Conseqüentemente a contribuição de efluentes de fossas sépticas de prédios vizinhos aumentou proporcionalmente, sendo responsável pelo aumento de CT de P3 com relação a P2. No contexto do reúso dessas águas, os três pontos apresentam auto nível de contaminação microbiológica no mês em que há maior necessidade de água para irrigação devido à falta de chuva (outubro). Estudo realizado por Almeida (2016) com a água do açude Velho em Campina Grande, destinada a irrigação de áreas verdes no parque da criança, também apresentam valores acima do estabelecido, com valor mínimo de  $0,4 \text{ E}+04$  e máximo de  $3,9 \text{ E}+04$ .

### Índice de Qualidade de Água

O uso do IQA permitiu que um número elevado de informações técnicas fosse convertido em um conceito de qualidade de fácil compreensão. Com base nos parâmetros já discutidos, foi calculado o IQA, sendo os resultados apresentados na tabela 3. Durante os meses de menor precipitação, o IQA obteve um valor mais baixo, havendo diferença significativa nas médias de acordo com ANOVA ( $p=0,028$ ). A correlação entre a qualidade da água dos pontos de coleta também foi significativa, apresentando forte correlação entre P1 e P2 ( $r=0,96$ ), P1 e P3 ( $r=0,91$ ) e entre P2 e P3 ( $r=0,97$ ).

**Tabela 3:** Resultados do índice de qualidade da água dos pontos analisados.

Meses	IQA			Precipitação (mm)
	P1	P2	Lagoa 2 (P3)	
Março	30.48	26.55	23.55	82,7
Abril	32.3	27.14	22.26	101,8
Mai	29.96	26.4	24.34	79,1
Junho	24.81	18.83	14.69	25,8
Julho	23.58	15.73	13.94	17,4
Agosto	17.57	14.07	12.88	8,6
Setembro	21.04	14.7	12.88	12,9
Outubro	20.91	16.25	14.97	3,2

Esses resultados confirmam as alterações dos parâmetros já discutidos como, fósforo, condutividade elétrica, STD, oxigênio dissolvido, coliformes termotolerantes e DBO, que contribuem de forma significativa para a degradação da qualidade das águas superficiais do campus. A qualidade da água de P3 apresentou IQA péssimo nos oito meses de estudo, sendo, nos meses com menor precipitação (junho a outubro) esses valores mais baixos. A tabela 4 correlaciona os valores de IQA nos pontos de coleta, com a precipitação média nos meses de estudo, evidenciando correlação forte entre eles. Os meses de março a maio, mesmo

apresentando maiores volumes de chuva, também apresentaram IQA péssimo, fato esse podendo ser explicado pelo carreamento de material particulado e nutrientes das áreas adjacentes para dentro de P3, e conseqüentemente, aumento da turbidez, causando a alteração do ambiente.

**Tabela 4:** Correlação entre IQA e precipitação.

	P1	P2	P3	Precipitação
P1	1			
P2	0.96494	1		
P3	0.91487	0.977479	1	
Precipitação	0.955029	0.975005	0.940818	1

Os melhores resultados de IQA foram encontrados de março a maio em P1 e P2, apresentando classificação ruim ( $26 < IQA < 50$ ). Esses resultados podem ser observados devido ao maior volume de chuva nesse período. O IQA de P3 se manteve péssimo devido às outras influências antrópicas como o lançamento de efluentes dos blocos vizinhos. Vale salientar que no mês de maio foi realizado uma dragagem na lagoa, contribuindo para o melhor valor do IQA nesse mês.

Nos últimos anos, tem-se observado um aumento de estudos relacionados ao monitoramento da qualidade das águas. Esses estudos ganham cada vez mais importância, uma vez que os resultados são utilizados para interpretar e comunicar os dados obtidos no monitoramento ambiental, caracterizando o estado e as tendências da qualidade das águas, transmitindo essas informações para os grupos interessados, como órgãos ambientais e gestores. Como exemplo de tratamento para essas águas podemos citar os filtros de areia intermitentes que é um sistema simples de construir e operar, que diminuindo a concentração de bactérias em até 2 log em cada passo, facilitando a nitrificação sem eliminar os nutrientes (LUNA et al., 2013).

## CONCLUSÕES

Através desta pesquisa e dos resultados obtidos, podemos constatar que as águas superficiais da UFCG são impróprias para a irrigação, uma vez que os efluentes que contribuem com a recarga desses corpos hídricos estão deteriorando sua qualidade, proporcionando a alteração dos parâmetros físico-químicos e microbiológicos do meio. As principais fontes antrópicas que influenciam na degradação dessas águas são os efluentes advindos de bairros vizinhos como Monte Santo e Bela Vista, os provenientes das atividades do campus, como a biblioteca e bloco CA, os difusos que são canalizados para o canal que liga as duas lagoas.

A água da lagoa 2 apresenta qualidade inferior em relação a lagoa 1, por receber o efluente advindo do canal que interliga as duas lagoas, os dejetos depositados pelas aves, assim como o despejo de efluentes do bloco CA e do quiosque. Entre os parâmetros físico-química e microbiológicos analisados, apenas o pH, a turbidez e o nitrato apresentaram valores dentro do estabelecido pela resolução vigente. A baixa precipitação ocorrida ao longo do período de estudo também influenciou na alteração dos parâmetros analisados, uma vez que os melhores resultados foram encontrados nos meses com maior precipitação como março, abril e maio.

De acordo com a Resolução 357/05 do CONAMA, essas águas são classificadas como classe 4, podendo ser utilizadas apenas para navegação e harmonia paisagística. Desta forma, seu uso na irrigação do

campus necessita de técnicas de tratamento que possam enquadrá-las como classe 2. O IQA da lagoa 1 classificou essa água entre ruim e péssima, já o da lagoa 2, como péssima em todos os meses de estudo. Esses resultados confirmam os já apresentados pelo IET, uma vez que a lagoa 2 recebe maior carga de efluentes do que a lagoa 1. As informações contidas nos resultados do cálculo do IQA direcionam para ações de planejamento que possam ser utilizadas para implantar um tratamento das águas superficiais utilizadas para irrigar as áreas verdes da UFCG.

Sendo assim, se faz necessário a implantação de um sistema de tratamento que possa reduzir a carga poluidora dessas águas antes da sua utilização na irrigação. O isolamento dos focos de lançamento de efluentes nas lagoas também se faz necessário, em virtude dos resultados apresentados nessa pesquisa. Esse estudo de caso mostra a importância de se analisar a qualidade das águas utilizadas para irrigação em cidades difusas que contêm açudes que recebem efluentes diversos de vários pontos de entrada. Sendo assim, há necessidade de tratamento das águas desses açudes antes de reúso, uma vez que o custo para eliminar e o tempo para eliminar as fontes de poluição é mais elevada. Como exemplo de tratamento para essas águas podemos citar os filtros de areia intermitentes que é um sistema simples de construir e operar.

**AGRADECIMENTOS:** O primeiro autor agradece ao Programa de Pós-Graduação em Recursos Naturais pertencente à Universidade Federal de Campina Grande/PB pela oportunidade, bem como a Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) pela concessão da bolsa de mestrado, assim como ao Laboratório de Referência em Dessalinização pelo apoio integral no custeio das análises realizadas no decorrer da pesquisa. Vale destacar também a participação da Agência Nacional das Águas (ANA) na disponibilização da sonda multiparâmetros utilizada nas análises in loco.

## REFERÊNCIAS

ALMEIDA, R. S. R.. **Análise multi-sistêmica da irrigação paisagística em um ecossistema urbano em Campina Grande/PB**. Dissertação (Mestrado em Recursos Naturais) - Universidade Federal de Campina Grande, Campina Grande, 2016.

ANDRADE, A. P. A.. **Avaliação da utilização de protetor físico de germinação e semeadura direta das espécies em área degradada pela mineração**. Dissertação (Mestrado em Ciências Florestais) – Departamento de Engenharia Florestal, Universidade de Brasília, Brasília. 2008.

APHA. American Public Health Association New York. **Standard Methods for the Examination of Water and Wasterwater**. New York, 1999.

AYERS, R. S.; WESTCOT, D. W.. **Calidad del agua para la agricultura**. Roma: FAO, 1976.

AYERS, R. S.; WESTCOT, D. N.. **A qualidade da água na agricultura**. Campina Grande: UFPA, 1999.

BRASIL. Ministério da Saúde. **Manual de controle da qualidade da água para técnicos que trabalham em ETAS**. Brasília: FUNASA, 2014.

CETESB. Companhia Ambiental do Estado de São Paulo. **Qualidade das águas interiores no Estado de São Paulo**. São Paulo, 2009.

DANTAS, E. W.. Seasonal dynamics of cyanobacteria in a eutrophic reservoir (Arcoverde) in a semi-arid region of Brazil. **Brazilian Journal of Biology**, v.72, n.3, p.533-544, 2012.

DELLAMANO, O, M. J.; VIEIRA, A. H.; ROCHA, O.; COLOMBO, V.; SANT'ANNA, C. L.. Phytoplankton taxonomic composition and temporal changes in a tropical reservoir. **Fundamental and Applied Limnology**, v.171, n.1, p.27-38, 2008.

GARCIA, G. O.; MARTINS, F. S.; REIS, E. F.; MORAES, W. B.; NAZÁRIO, A. A.. Alterações químicas de dois solos irrigados com água salina. **Revista Ciência Agrônômica**, v.39, n.1, p.7-18, 2008.

LOPES, L. G.; AMARAL, L. A.; HOJAJI, A.. Seleção de indicadores para gestão da bacia hidrográfica do Córrego Rico, Jaboticabal/SP. **Engenharia Agrícola**, v.30, n.4, p.732-741, 2010.

LUNA, M. L. D.; SOUSA, V. L. A.; LIMA, V. L. A.; ALVES, A. S.; PEARSON, H. W.. Pós-tratamento de efluente de tanques sépticos utilizando filtros intermitentes de areia operando em condições tropicais. **Revista Scientia Plena**, v.9, n. 9, 2013.

MAGALY, H. S. B; OLIVEIRA, L. F. C.. Índices de Qualidade da Água e de Estado Trófico na Represa Dr. João Penido (Juiz de Fora/MG). **Rev. Ambiente e Água**, Taubaté, v.9, n.1, 2014.

MELO, H. N. S.; PIFER, R. C.; ANDRADE NETO, C. O.; MARQUES JÚNIOR, J.. Utilização de nutrientes de esgoto tratado em hidroponia. In: MOTA, F. S.; VON SPERLING, M.. **Nutrientes de esgoto sanitário: utilização e remoção**. Rio de Janeiro: ABES, 2009. p.428.

MOURA, A. N.; DANTAS, E. W.; BITTENCOURTOLIVEIRA, M. C.. Structure of the Phytoplankton in a Water Supply System in the State of Pernambuco/BR. **Brazilian Archives of Biology and Technology**, v.50, n.4, p.645-654, 2007.

NSF. National Sanitation Foundation. **Consumer Information: Water Quality Index (WQI)**. 2007.

OLIVEIRA, F. H. P. C.; SILVA, J. D. B.; COSTA, A. N. S. F.; RAMALHO, W. P. R.; MOREIRA, C. H. P.; CALAZANS, T. L. S.. Cyanobacteria community in two tropical eutrophic reservoirs in northeastern Brazil. **Acta Scientiarum. Biological Sciences**, Maringá, v.37, n.2, p.169-176, 2015.

OLIVEIRA, F. H. P. C.; CAPELA, A. A. L. S.; MOREIRA, C. H. P.; LIRA, O. O.; PADILHA, M. R. F.; SHINOHARA, N. K. S.. Seasonal changes of water quality in a tropical shallow and eutrophic

reservoir in the metropolitan region of Recife. **Anais da Academia Brasileira de Ciências**, v.86, n.4, p.1863-1872, 2014.

OLIVEIRA, M. T.; ROCHA, O.; PERET, A. C.. Structure of the phytoplankton community in the Cachoeira Dourada reservoir. **Brazilian Journal of Biology**, v.71, n.3, p.587-600, 2011.

SANTANA, M. J.; CARVALHO, J. A.; SOUZA, K. J.; SOUSA, A. M. G.; VASCONCELOS, C. L.; ANDRADE, L. A. B.. Efeitos da salinidade da água de irrigação na brotação e desenvolvimento inicial da cana-de-açúcar (*Saccharum spp*) e em solos com diferentes níveis texturais. **Revista Ciência Agrotécnica**, v.31, n.5, p.1470-1476, 2007.

SPERLING, M. V.. **Introdução à qualidade das águas e tratamento de esgotos: Princípio do tratamento biológico das águas residuárias**. 2 ed. Belo Horizonte: Universidade Federal de Minas Gerais, 1996.

UNESCO/WHO/UNEP. United Nations Educational, Scientific and Cultural Organization, World Health Organization and United Nations Environment Programme. **Water Quality Assessments: A Guide to Use of Biota, Sediments and Water in Environmental Monitoring**. 2 ed. London: F & FN Spon, 1996.

VANZELLA, L. S.. **Qualidade de água para irrigação na microbacia do córrego Três Barras no município de Marinópolis/SP**. Dissertação (Mestrado) - Universidade Estadual Paulista, Ilha Solteira, 2004. p.96.

A CBPC – Companhia Brasileira de Produção Científica (CNPJ: 11.221.422/0001-03) detém os direitos materiais desta publicação. Os direitos referem-se à publicação do trabalho em qualquer parte do mundo, incluindo os direitos às renovações, expansões e disseminações da contribuição, bem como outros direitos subsidiários. Todos os trabalhos publicados eletronicamente poderão posteriormente ser publicados em coletâneas impressas sob coordenação da **Sustenere Publishing**, da Companhia Brasileira de Produção Científica e seus parceiros autorizados. Os (as) autores (as) preservam os direitos autorais, mas não têm permissão para a publicação da contribuição em outro meio, impresso ou digital, em português ou em tradução.