

# XIII Congresso Nacional de **MEIO AMBIENTE** de Poços de Caldas

[www.meioambientepocos.com.br](http://www.meioambientepocos.com.br)

XIII CONGRESSO NACIONAL DE MEIO AMBIENTE DE POÇOS DE CALDAS

21, 22 E 23 DE SETEMBRO DE 2016

## **AVALIAÇÃO DA QUALIDADE DA ÁGUA EM TRECHO DO ALTO CURSO DO RIO UBERABA – UBERABA/MG**

**Aline Claro de Oliveira Guglielmi**<sup>(1)</sup>; **Andrea Cristina de Minas e Souza**<sup>(2)</sup>; **Vinicius Alexandre Sikora de Souza**<sup>(3)</sup>; **Andreza Aparecida Alves Lage**<sup>(4)</sup>

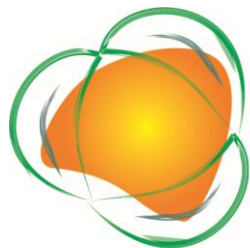
<sup>(1)</sup> Mestranda; Programa de Engenharia Ambiental; Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro/RJ, Brasil; [aline.guglielmi@gmail.com](mailto:aline.guglielmi@gmail.com), <sup>(2)</sup> Especialista em Gestão Ambiental; Pós-graduação em Gestão Ambiental; Universidade de Uberaba; Uberaba/ MG, Brasil; [aminas@bol.com.br](mailto:aminas@bol.com.br), <sup>(3)</sup> Doutorando; Programa de Engenharia Civil da COPPE; Universidade Federal do Rio de Janeiro; Rio de Janeiro/RJ, Brasil; [vass1000@gmail.com](mailto:vass1000@gmail.com), <sup>(4)</sup> Especialista em Gestão Ambiental; Pós-graduação em Gestão Ambiental; Instituto Federal do Triângulo Mineiro; Uberaba/MG, Brasil; [andrezalage@live.com](mailto:andrezalage@live.com).

**Eixo temático:** Gerenciamento de Recursos Hídricos e Energéticos

**RESUMO** – Este trabalho tem como objetivos determinar o índice de qualidade da água (IQA) do alto curso do rio Uberaba, que corresponde à Área de Proteção Ambiental (APA), avaliar a sazonalidade deste índice e analisar a correlação entre seus parâmetros. Foram utilizados dados secundários do IGAM referente ao período de 2000 a 2012, sendo uma amostra no período seco e outra no chuvoso de cada ano. O IQA foi determinado utilizando a metodologia da *National Sanitation Foundation*. A sazonalidade foi inferida por meio do teste estatístico Mann-Whitney a um nível de significância de 0,05. Conclui-se O IQA predominantemente foi classificado como bom em 58% e média em 38% das amostras, estatisticamente a sazonalidade não teve interferência direta significativa, a DBO com os coliformes termotolerantes apresentou uma correlação positiva muito forte (0,8), assim como o fosfato total apresentou correlação positiva com a turbidez (0,8), com sólidos totais (0,6) e com o nitrato (0,4) e correlação negativa com o pH (-0,4).

**Palavras-chave:** APA do rio Uberaba. Índice de Qualidade Água. Sazonalidade.

**ABSTRACT** – This study aims to determine the water quality index of the upper course of the river Uberaba, which is the Environmental Protection Area, assess the seasonality of this index and analyze the correlation between its parameters. Secondary data were used IGAM for the period 2000 to 2012, with a sample in the dry season and another in the rainy each year. The water quality index was determined using the methodology of the National Sanitation Foundation. Seasonality was inferred through the statistical Mann-Whitney test at a 0.05 significance level. It follows water quality index was predominantly rated as good on average 58% and 38% of the samples, statistically significant seasonality had no direct interference. The biochemical oxygen demand coliforms showed a strong positive correlation (0,8), and the total phosphate was



# XIII Congresso Nacional de **MEIO AMBIENTE** de Poços de Caldas

[www.meioambientepocos.com.br](http://www.meioambientepocos.com.br)

XIII CONGRESSO NACIONAL DE MEIO AMBIENTE DE POÇOS DE CALDAS

21, 22 E 23 DE SETEMBRO DE 2016

positively correlated with turbidity (0.8), with total solids (0.6) and nitrate (0.4) and a negative correlation with pH (-0.4).

**Key words:** Area of environmental protection Uberaba river. Water quality index. Seasonality.

## **Introdução**

A avaliação da qualidade das águas numa bacia hidrográfica é de fundamental importância para assegurar o gerenciamento sustentado dos recursos hídricos e seus usos múltiplos. Como ressalta Goulart e Callisto (2003), a avaliação de impactos ambientais em ecossistemas aquáticos tem sido realizada através da medição de alterações nas concentrações de variáveis físicas, químicas e biológicas, fazendo com este sistema de monitoramento, juntamente com a avaliação de variáveis, contribua como ferramenta fundamental na classificação e enquadramento de rios e córregos em classes de qualidade de água e padrões de potabilidade e balneabilidade.

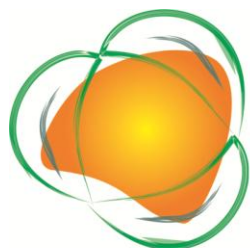
A qualidade da água pode ser representada através de diversos parâmetros, que traduzem as suas principais características físicas, químicas e biológicas (VON SPERLING, 2014). Como o número de parâmetros é grande e suas características diferentes, surge o problema como proceder para incorporar em um único índice uma informação consolidada dos problemas de poluição de água em um dado rio ou lago. O índice de qualidade da água (IQA) surge como uma alternativa para essa questão (BRAGA et al., 2005).

O IQA tem como objetivo a simplificação de uma série de variáveis em valores únicos sendo bastante úteis para transmitir informação a respeito da qualidade da água ao público em geral, podendo dar boa ideia da tendência de evolução da qualidade ao longo do tempo e do espaço, sendo importante ferramenta para o gerenciamento de bacias hidrográficas (CORADI et al., 2009).

O IQA é particularmente sensível à contaminação por esgotos, sendo um índice de referência normalmente associado à qualidade da água bruta captada para o abastecimento público após o tratamento. Assim definido, o IQA reflete a interferência por esgotos domésticos e outros materiais orgânicos, nutrientes e sólidos (IGAM, 2014). A análise da água de um manancial pode evidenciar o uso inadequado do solo, os efeitos do lançamento de efluentes, suas limitações de uso e seu potencial de autodepuração (SIQUEIRA et al., 2012).

Diante do exposto, este trabalho tem como objetivos determinar o índice de qualidade da água (IQA) do alto curso do rio Uberaba, que corresponde à Área de Proteção Ambiental (APA), avaliar a sazonalidade deste índice e analisar a correlação entre seus parâmetros.

## **Material e Métodos**



# XIII Congresso Nacional de **MEIO AMBIENTE** de Poços de Caldas

[www.meioambientepocos.com.br](http://www.meioambientepocos.com.br)

XIII CONGRESSO NACIONAL DE MEIO AMBIENTE DE POÇOS DE CALDAS  
21, 22 E 23 DE SETEMBRO DE 2016

## Caracterização da Área de Estudo

A bacia do alto curso do rio Uberaba corresponde a área de proteção ambiental (APA) do rio Uberaba e ocupa uma área de aproximadamente 528 km<sup>2</sup> (SEMEA, 2004). A APA do rio Uberaba foi criada para restringir o uso e ocupação na bacia hidrográfica do rio Uberaba e de seus afluentes, uma vez que este é o principal responsável pelo abastecimento público do município de Uberaba-MG.

A precipitação média anual do período estudado, que corresponde de 2000 a 2012 foi de 1700 mm, com regime chuvoso entre os meses de outubro a março e a estação seca de abril (considerado mês de transição) a setembro, com destaque para os meses de dezembro e janeiro que são os mais chuvosos, conforme mostra a Figura 1.

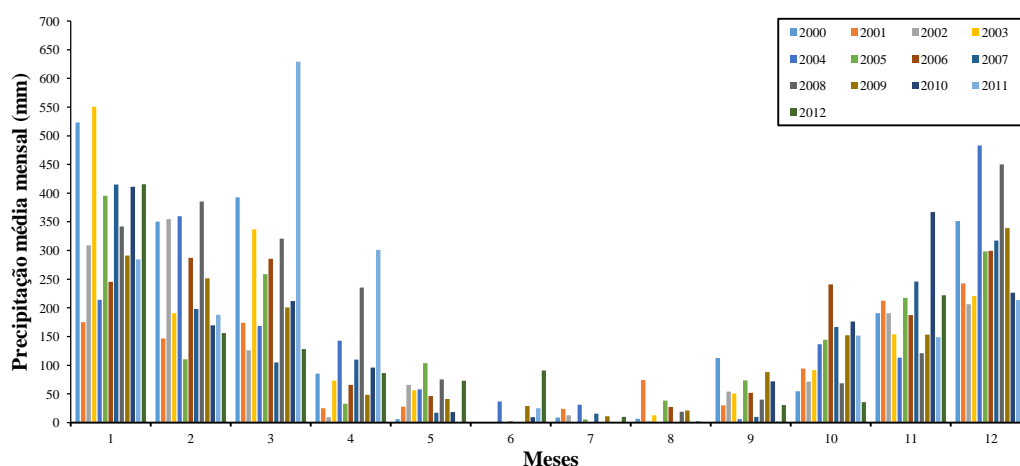


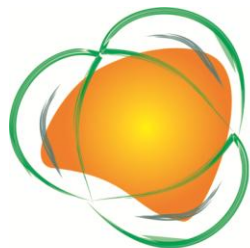
Figura 1 - Precipitações médias mensais dos meses de janeiro a dezembro de 2000 a 2012.

Fonte: INMET.

## Obtenção dos dados

Para a análise das precipitações médias mensais foram utilizados dados da Estação BDMEP – INMET, Uberaba - MG (OMM: 83577) no período de 01/01/2000 a 31/12/2012.

Os dados de monitoramento da água foram obtidos através do site <http://portalinfohidro.igam.mg.gov.br> e o código da estação é BG058, coordenada - 19°39'29,585" S e -47°49'35,404"O. Foram utilizadas um total de 26 análises, no período de 2000 a 2012, sendo duas análises por ano, uma no período chuvoso (março) e outra no período de estiagem (setembro). A escolha dessas análises levou em consideração os dados disponíveis pelo Instituto Mineiro de Gestão das Águas (IGAM).



# XIII Congresso Nacional de **MEIO AMBIENTE** de Poços de Caldas

[www.meioambientepocos.com.br](http://www.meioambientepocos.com.br)

XIII CONGRESSO NACIONAL DE MEIO AMBIENTE DE POÇOS DE CALDAS

21, 22 E 23 DE SETEMBRO DE 2016

De acordo com IGAM (2015) as campanhas de amostragem são trimestrais para a maioria das estações de monitoramento, com um total anual de 4 campanhas. Nas campanhas completas, realizadas em janeiro/fevereiro/março e em julho/agosto/setembro, classificados climatologicamente como períodos de chuva e estiagem, respectivamente, são analisados 51 parâmetros comuns ao conjunto de pontos de amostragem.

Dos 51 parâmetros disponíveis foram utilizados somente nove, necessários para o cálculo do IQA (NSF) que são coliformes termotolerantes, pH, demanda bioquímica de oxigênio, nitrato, fósforo total, temperatura da água, turbidez, sólidos (resíduos) totais e oxigênio dissolvido.

## Índice de Qualidade da Água

O IQA foi desenvolvido nos Estados Unidos em 1970 pela *National Sanitation Foundation* (NSF) vários especialistas determinaram 9 parâmetros para avaliar a qualidade da água e cada um recebeu um peso ( $w_i$ ) (ANA, 2005). Na Tabela 1 demonstra esses parâmetros com seus respectivos pesos.

Tabela 1 – Parâmetros do Índice de Qualidade das Águas (IQA) e respectivos pesos.

Parâmetro	Unidade	Peso ( $w_i$ )
Coliformes Termotolerantes	NMP/100mL	0,15
Potencial hidrogeniônico (pH)	-	0,12
Demanda bioquímica de oxigênio (DBO)	mg/L	0,10
Fosfato total	mg/L PO <sub>4</sub>	0,10
Nitrato	mg/L NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	0,10
Variação da temperatura	°C	0,10
Turbidez	NTU	0,08
Oxigênio dissolvido (OD)	% saturação	0,17
Sólidos totais	mg/L	0,08

Fonte: Von Sperling (2014), adaptado.

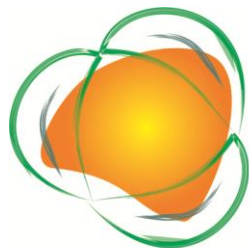
O cálculo do IQA é feito por meio do produtório ponderado dos nove parâmetros, segundo a seguinte fórmula:

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

Onde:

IQA = Índice de Qualidade das Águas. Um número entre 0 e 100;

$q_i$  = qualidade do  $i$ -ésimo parâmetro. Um número entre 0 e 100, obtido do respectivo gráfico de qualidade, em função de sua concentração ou medida (resultado da análise);



# XIII Congresso Nacional de **MEIO AMBIENTE** de Poços de Caldas

[www.meioambientepocos.com.br](http://www.meioambientepocos.com.br)

XIII CONGRESSO NACIONAL DE MEIO AMBIENTE DE POÇOS DE CALDAS

21, 22 E 23 DE SETEMBRO DE 2016

$w_i$  = peso correspondente ao  $i$ -ésimo parâmetro fixado em função da sua importância para a conformação global da qualidade, isto é, um número entre 0 e 1, de forma que:

$$\sum_{i=1}^n w_i = 1$$

Sendo  $n$  o número de parâmetros que entram no cálculo do IQA.

Na Tabela 2 demonstra as classes do Índice de Qualidade da Água e seu Significado.

Tabela 2 – Classes do Índice de Qualidade da Água e seu Significado.

Valor do IQA	Classes	Significado
90 < IQA ≤ 100	Excelente	Águas apropriadas para tratamento convencional visando o abastecimento público.
70 < IQA ≤ 90	Bom	
50 < IQA ≤ 70	Médio	
25 < IQA ≤ 50	Ruim	Águas impróprias para tratamento convencional visando o abastecimento público, sendo necessários tratamentos mais avançados.
IQA ≤ 25	Muito ruim	

Fonte: IGAM (2012) e CETESB (2008) citado por IGAM (2015).

## Cálculo do percentual de saturação de OD

A concentração de oxigênio foi obtida através da equação representativa das curvas de qualidade do NSF, através da fórmula:

$$C_s = (14,62 - 0,3898 * temp + 0,006969 * temp^2 - 0,00005896 * temp^3) * (1 - 0,0000228675 * altitude)^{5,167}$$

A percentagem de saturação de OD é calculada por:

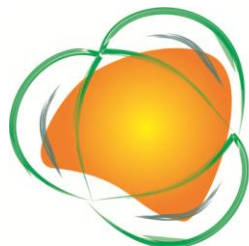
$$\%_{sat} = 100 * OD / C_s$$

## Conversão do fósforo total (como P) a fósforo total (como $PO_4^{3-}$ )

De acordo com Von Sperling (2014) a concentração de fósforo expresso em P é 0,05 mgP/L. Para expressar a concentração em termos de fosfato, deve-se multiplicar por 3,066.

## Análise Estatística dos Dados

Na análise estatística utilizou o teste de Mann-Whitney. Prazeres Filho et al. (2010) relatam que o teste de Mann-Whitney é um teste não paramétrico, o qual prescindem da distribuição original dos dados, sendo por isso chamados de testes livre de distribuição, o mesmo é indicado para testar se duas amostras são idênticas ou não, sendo o mesmo uma alternativa ao teste t.



# XIII Congresso Nacional de **MEIO AMBIENTE** de Poços de Caldas

[www.meioambientepocos.com.br](http://www.meioambientepocos.com.br)

XIII CONGRESSO NACIONAL DE MEIO AMBIENTE DE POÇOS DE CALDAS

21, 22 E 23 DE SETEMBRO DE 2016

Após os parâmetros terem sido classificados segundo a sazonalidade (período seco e chuvoso), realizou-se o teste de hipótese de Mann-Whitney, com  $\alpha$  de 0,05, disponível no MINITAB® Statistical Software, 16.0 demo (MINITAB, 2011). Tal teste foi realizado para comprovar se os valores dos IQA's e das variáveis empregadas em sua determinação, diferem nos períodos seco e chuvoso.

Para hipótese nula ( $H_0$ ) afirma-se que a mediana da variável analisada no período seco é idêntica ao do período chuvoso. E como hipótese alternativa ( $H_1$ ), a assertiva elaborada anteriormente não é verdadeira, ou seja, diferem entre si.

O critério de decisão utilizado foi o valor-p. Para esse valor maior do que  $\alpha$  não se rejeita a hipótese nula formulada para o teste, confirmando a afirmação da inexistência da sazonalidade nos parâmetros analisados, bem como no índice de qualidade de água. Em contraposição, se o valor-p for menor do que  $\alpha$ , então a hipótese nula deve ser rejeitada em função da hipótese alternativa, pois existem diferenças estatísticas que descartam as afirmações embutidas na hipótese nula.

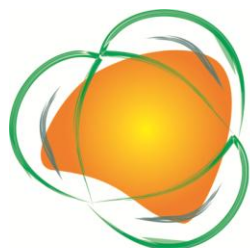
## **Resultados e Discussão**

### **IQA e correlação entre os seus parâmetros**

O Índice de Qualidade da Água (IQA), indicador que avalia a contaminação dos corpos hídricos superficiais, apresentou ao longo da série histórica de monitoramento, O IQA predominantemente foi classificado como bom em 58% e média em 38% das amostras, ou seja, as águas do rio Uberaba estão apropriadas para tratamento convencional visando o abastecimento público.

Nos anos de 2000 e 2010 todas as amostras obtiverem classificação média. Os dois piores valores foram no período chuvoso do ano 2000 e do ano 2003, com 52,04 e 50,94 respectivamente, em ambos houve uma combinação elevada dos parâmetros coliformes termotolerantes, turbidez e sólidos totais, observados visualmente na planilha utilizada para cálculo do IQA.

Em todas as análises que apresentaram IQA médio, os coliformes termotolerantes estavam com um valor elevado em relação às análises que apresentaram IQA bom, comprovando a sensibilidade do IQA a esgotos domésticos sem tratamento. Nos anos de 2001, 2004, 2006, 2007 e 2012 todas as análises obtiveram resultado com IQA bom com valores entre 70,58 e 89,92, com exceção do período seco de 2006 que obteve IQA excelente com valor igual 90,84. A Figura 2 demonstra os resultados do IQA ao longo da série temporal.



# XIII Congresso Nacional de MEIO AMBIENTE de Poços de Caldas

www.meioambientepocos.com.br

XIII CONGRESSO NACIONAL DE MEIO AMBIENTE DE POÇOS DE CALDAS  
21, 22 E 23 DE SETEMBRO DE 2016

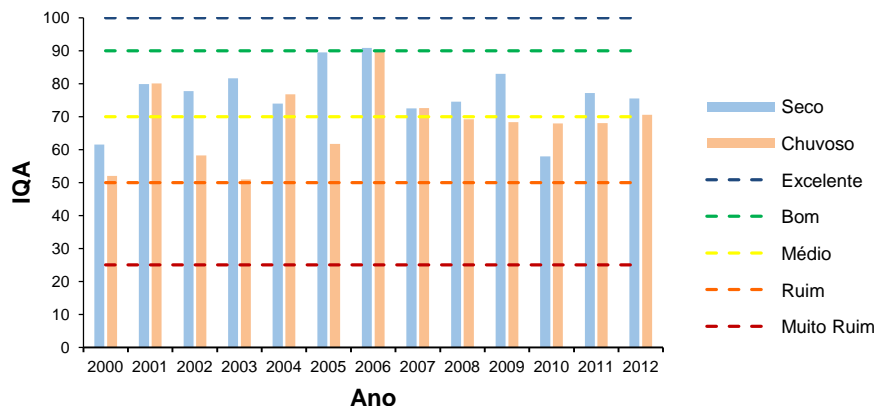


Figura 2 – Série temporal do IQA para o rio Uberaba

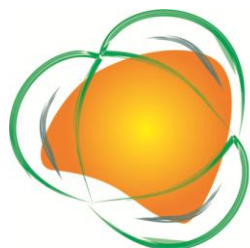
As análises de sazonalidades estão explicitadas na Tabela 3, por meio dos resultados denotados no teste estatístico Mann-Whitney.

Tabela 3 - Teste Mann-Whitney.

Variável	Valor-p	Decisão
Coliformes termotolerantes	0.1537	Aceita $H_0$
Demanda Bioquímica de Oxigênio	0.9698	Aceita $H_0$
Fosfato total	0.0233	Rejeita $H_0$
Nitrato	0.8157	Aceita $H_0$
Oxigênio dissolvido	0.2523	Aceita $H_0$
pH	0.4749	Aceita $H_0$
Sólidos totais	0.6415	Aceita $H_0$
Temperatura da água	0.2230	Aceita $H_0$
Turbidez	0,0010	Rejeita $H_0$
IQA	0,8160	Aceita $H_0$

As únicas variáveis que possuem um valor ( $p < 0,05$ ) foram o fosfato total e a turbidez. Todavia, esse fato não é capaz de alterar significativamente o IQA ao ponto de criar um efeito sazonal no mesmo. Isso se justifica devido ao regime pluvial da área de estudo ser regular, evitando a escassez da água e diluindo a concentração dos poluentes nos rios, além de produzir o escoamento superficial e subsuperficial, que carregam sedimentos e nutrientes para águas superficiais e subterrâneas (ABDALA, 2012).

A turbidez de origem natural está relacionada com partículas de rocha, argila e silte, algas outros microrganismos, já as de origem antrópica estão relacionadas com



# XIII Congresso Nacional de **MEIO AMBIENTE** de Poços de Caldas

[www.meioambientepocos.com.br](http://www.meioambientepocos.com.br)

XIII CONGRESSO NACIONAL DE MEIO AMBIENTE DE POÇOS DE CALDAS

21, 22 E 23 DE SETEMBRO DE 2016

despejos domésticos, despejos industriais, microrganismos e erosão (VON SPERLING, 2014). Em um estudo realizado por Do Valle Júnior (2008) na bacia hidrográfica do Rio Uberaba, foi verificado que os meses de janeiro e fevereiro apresentaram maior ocorrência de chuvas individuais erosivas (nove vezes), seguidos pelos meses de novembro e dezembro que apresentam uma frequência de sete vezes. Durante o período de junho a agosto, a erosividade não sofre acréscimos consideráveis, devido à baixa pluviometria na região.

Abdala (2012) analisando a qualidade da água do Rio Uberaba nos períodos seco e chuvoso constatou que os dados pH, OD, temperatura da água, fósforo total, condutividade elétrica, turbidez, alcalinidade total tiveram uma diferença significativa entre os períodos.

Na Figura 3 encontra-se as relações entre as variáveis observadas para a determinação do IQA. A DBO com os coliformes termotolerantes apresentou uma correlação positiva muito forte (0,8), ou seja, quanto maior for a variação da DBO, maior será a variação de coliformes termotolerantes. Dessa forma, observa-se que a maior parte de matéria orgânica que chega ao corpo hídrico tem origem fecal, denotando a existência de lançamentos de esgotos domésticos *in natura*.

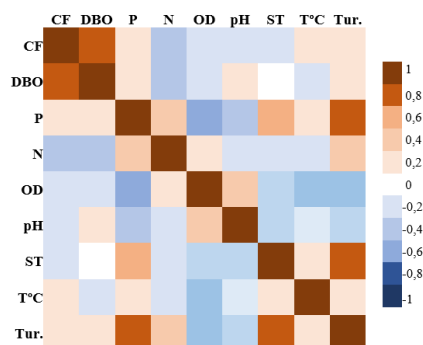


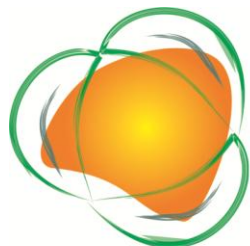
Figura 3 – Matriz de correlação dos parâmetros utilizados.

O fosfato total apresentou correlação positiva com a turbidez (0,8), com sólidos totais (0,6) e com o nitrato (0,4) e correlação negativa com o pH (-0,4), ou seja, o aumento do fosfato corresponde à diminuição do pH, dando um aspecto ácido às águas. Tais associações são caracterizadas pelo carreamento excessivo de fertilizantes empregados na agricultura e solo intemperizado para os corpos hídricos, uma vez que conforme abordado por Cândido et al. (2010) nas regiões da nascente do rio Uberaba, a vegetação nativa foi substituída pela agricultura e por pastagens.

## Conclusões

O IQA predominantemente foi classificado como bom em 58% e média em 38% das amostras, ou seja, as águas do rio Uberaba estão apropriadas para tratamento





# XIII Congresso Nacional de **MEIO AMBIENTE** de Poços de Caldas

[www.meioambientepocos.com.br](http://www.meioambientepocos.com.br)

XIII CONGRESSO NACIONAL DE MEIO AMBIENTE DE POÇOS DE CALDAS

21, 22 E 23 DE SETEMBRO DE 2016

convencional visando o abastecimento público. Estatisticamente a sazonalidade não teve interferência direta significativa, exceto para a variável de turbidez e fósforo total, os quais não afetaram de forma relevante o IQA do corpo hídrico. A DBO com os coliformes termotolerantes apresentou uma correlação positiva muito forte (0,8), assim como o fosfato total apresentou correlação positiva com a turbidez (0,8), com sólidos totais (0,6) e com o nitrato (0,4) e correlação negativa com o pH (-0,4).

A presença significativa de coliformes termotolerantes e respectiva interferência no IQA, indica a necessidade de medidas técnicas e identificação das fontes de lançamento de efluentes domésticos sem tratamento.

## **Referências**

ABDALA, V. L. Diagnóstico hídrico do rio Uberaba-MG como subsídio para a gestão das áreas de conflito ambiental. 2012.64p.(Tese de Doutorado). Universidade Estadual Paulista, 2012.

ABDALA, V. L. et al. Análise Hidrológica das Nascentes do Alto Curso do Rio Uberaba. Caminhos de Geografia, v. 10, p. 171–183, 2009.

BRAGA, B. et al. Introdução à Engenharia Ambiental: o desafio do desenvolvimento sustentável. 5. ed. São Paulo: Pearson Prentice Hall, 2005.

BRASIL. CONAMA - Conselho Nacional do Meio Ambiente (2005). Resolução nº 357, de 17 de março de 2005. Ministério do Meio Ambiente.

CÂNDIDO, H. G. et al. Degradação ambiental na bacia hidrográfica do rio Uberaba: uma abordagem metodológica. Engenharia Agrícola, v. 30, n. 1, p. 179–192, 2010.

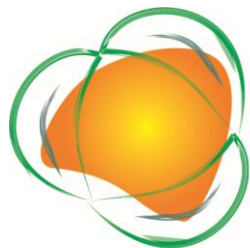
CORADI, P. C. et al. Qualidade de água superficial da Bacia Hidrográfica da Lagoa Mirim. Revista de Ciências Ambientais, v. 3, p. 53–64, 2009.

DO VALLE JUNIOR, R. F. Diagnóstico de áreas de risco de erosão e conflito de uso dos solos na bacia do Rio Uberaba. p. 233, 2008.

IGAM (Instituto Mineiro de Gestão das Águas). Qualidade das águas superficiais de Minas Gerais em 2014. Belo Horizonte: Instituto Mineiro de Gestão das Águas, 2015.175p.

INMET– Instituto Nacional de Meteorologia. Dados meteorológicos de Uberaba. Uberaba, 2000 a 2012.Acesso em maio, 2015.

GOULART, M.; CALLISTO, M. 2003. Bioindicadores de qualidade de água como ferramenta em estudos de impacto ambiental. Revista da FAPAM, ano 2, no 1.



# XIII Congresso Nacional de **MEIO AMBIENTE** de Poços de Caldas

[www.meioambientepocos.com.br](http://www.meioambientepocos.com.br)

XIII CONGRESSO NACIONAL DE MEIO AMBIENTE DE POÇOS DE CALDAS

21, 22 E 23 DE SETEMBRO DE 2016

PRAZERES FILHO, J.; VIOLA, D. N.; FERNANDES, G. B. Uso de teste de aleatorização para comparar dois grupos considerando teste não paramétrico. In: SIMPÓSIO NACIONAL DE PROBABILIDADE E ESTATÍSTICA, 19., 2010, São Pedro. Anais..., São Pedro: SINAPE, 2010. SEMEA, (Secretaria Municipal de meio Ambiente de Uberaba). Diagnóstico Ambiental da APA do Rio Uberaba. Uberaba, 2004.

SIQUEIRA, G. W.; APRILE, F.; MIGUÉIS A. M. Diagnóstico da qualidade da água do rio Parauapebas (Pará – Brasil). Acta Amazonia, v. 42, n. 3, p. 413-422, 2012.

VON SPERLING, M. Princípios do tratamento biológico de águas residuárias: introdução à qualidade das águas e ao tratamento de esgotos. 4. ed. Belo Horizonte: UFMG, 2014.470p.