UTILIZAÇÃO DE MICROCRUSTÁCEO PARA AVALIAÇÃO DA TOXICIDADE DE ÁGUA DE RIO

MESSETTI M. A.[(1)]; RAMOS, M. A. G.[(2)]; LEITE, D. A. N. O.[(3)]; ANGELIS, D. F.[(4)]

[(1)] Bióloga; Doutoranda em Ciências Biológicas – Microbiologia Aplicada, Depto. de Bioquímica e Microbiologia – IB-UNESP, Rio Claro - SP
[(2)] Doutor em Ciências Biológicas - Microbiologia Aplicada, Depto. de Bioquímica e Microbiologia – IB-UNESP, Rio Claro - SP
[(3)] Doutora em Ciências Biológicas - Biologia Vegetal, e em Geografia – Análise Ambiental, Universidade Estadual Paulista, Campus Rio Claro – SP.
[(4)] Professora aposentada, voluntária, adjunta em Microbiologia. IB - Depto. de Bioquímica e Microbiologia, UNESP - Rio Claro – SP.

RESUMO

A utilização de ensaios biológicos vem assumindo grande importância na avaliação da qualidade das águas de rios, pois verifica a ação sinergística de substâncias que constam na legislação, bem como de compostos novos que anualmente são dispersados na água. Este trabalho procurou realizar uma avaliação nos rios Jaguari e Atibaia, que estão entre os principais rios do Estado de São Paulo e fazem parte da Bacia Hidrográfica dos Rios Piracicaba, Capivari e Jundiaí (BH-PCJ, UGRHI-5). A BH-PCJ possui elevado índice demográfico com intensa urbanização e desenvolvimento industrial. Como consequência apresentam degradação dos seus recursos hídricos, com contaminação orgânica, inorgânica e biológica. Para facilitar a análise e gerenciamento das bacias hidrográficas, a National Sanitation Foundation (NSF/EUA) criou em 1970 o Índice de Qualidade das Águas (IQA), visando resumir a variação numérica dos parâmetros físicos, químicos ou biológicos a um valor global, classificando as águas quanto as suas propriedades e qualidade para seu uso. O Brasil tomou como referência o IQA-NSF, incorporado pela Cetesb em 1978, considerando o conjunto de nove parâmetros: *Escherichia coli*, pH, nitrogênio total, fósforo total, sólidos totais, temperatura, turbidez, oxigênio dissolvido e demanda bioquímica de oxigênio. Neste trabalho objetivou-se avaliar a toxicidade das águas dos rios Jaguari e Atibaia mediante ensaios com o microcrustáceo *Ceriodaphnia dubia.* Os ensaios foram realizados de acordo com a norma ABNT/NBR 13373:2010, 90 coletas no período de março/2011 a março/2016, num total de 270 amostras. A toxicidade nas amostras foi relacionada com os valores de IQA calculados para o mesmo período. As amostras do Rio Jaguari apresentaram toxicidade crônica ao microcrustáceo somente nas coletas de novembro e dezembro/2014, coincidindo com o início das chuvas após o período de seca intensa que atingiu a região Sudeste. Neste período adverso, registrou-se em 8 coletas no Rio Atibaia potencial tóxico a *C. dubia*. Embora ambos os rios sejam classificados como Classe 2, os valores de IQA das amostras do rio Atibaia nos pontos analisados mostraram-se inferiores, e com maior potencial para causar toxicidade crônica em *C. dubia*.

Palavras-chave: toxicidade crônca; *Ceriodaphnia dubia*; Índice de Qualidade das Águas - IQA

INTRODUÇÃO

A água é uma substância essencial para a vida e seus usos são indispensáveis a um largo espectro das atividades humanas, os quais destacam-se: abastecimento público e industrial, irrigação agrícola, produção de energia elétrica e as atividades de lazer e recreação. Estima-se que 60% das infecções hospitalares no Brasil ainda estejam relacionadas às deficiências do saneamento básico. Segundo ZANCUL (2006) cerca de 90% dessas doenças são ocasionadas pela água em qualidade insatisfatória ou imprópria para o consumo humano. O conjunto de normas brasileiras que contem a lista de parâmetros e valores máximos permitidos para avaliação da qualidade da água, para fins de potabilidade encontra-se na Portaria MS 2914/2011 do Ministério da Saúde. O grau de poluição das águas é obtido mediante análises físicas, químicas, biológicas e toxicológicas.

A região Sudeste do Estado de São Paulo onde se inserem os Rios Jaguari e Atibaia é uma área de intenso desenvolvimento agrícola, industrial e adensamento humano. A necessidade de acompanhar a qualidade e a quantidade de água nessa região ficou evidente quando foi criado em 1991 o Comitê de Bacias PCJ (Bacia Hidrográfica dos Rios Piracicaba, Capivari e Jundiaí, BH-PCJ) a partir do qual houve uma intensa mobilização governamental em prol dos recursos hídricos do Estado de São Paulo e posteriormente do país. O Estado de São Paulo pela Lei Estadual nº 9.034/94 de 27 de dezembro de 1994, criou o Plano Estadual de Recursos Hídricos, com 22 Unidades de Gerenciamento de Recursos Hídricos – (UGRHI's). A Bacia PCJ corresponde a UGRHI-05, que insere diversos municípios (tabela 1).

Tabela 1: Municípios que compõem a UGRHI-05, área, população estimada e vocação ocupacional.

	Municípios
Municípios com sede na UGRHI-5	Águas de São Pedro, Americana, Amparo, Analândia, Artur Nogueira, Atibaia, Bom Jesus dos Perdões, Bragança Paulista, Campinas, Campo Limpo Paulista, Capivari, Charqueada, Cordeirópolis, Corumbataí, Cosmópolis, Elias Fausto, Holambra, Hortolândia, Indaiatuba, Ipeúna, Iracemápolis, Itatiba, Itupeva, Jaguariúna, Jarinu, Joanópolis, Jundiaí, Limeira, Louveira, Mombuca, Monte Alegre do Sul, Monte Mor, Morungaba, Nazaré Paulista, Nova Odessa, Paulínia, Pedra Bela, Pedreira, Pinhalzinho, Piracaia, Piracicaba, Rafard, Rio Claro, Rio das Pedras, Salto,Saltinho, Santa Bárbara d'Oeste, Santa Gertrudes, Santa Maria da Serra, Santo Antônio de Posse, São Pedro, Sumaré, Tuiuti, Valinhos, Vargem, Várzea Paulista e Vinhedo.
Área	----------→14.178 Km^2
População	----------→5.518.543 (12% do ESP, até 2011)
Vocação	----------→Industrial

Fonte: SMA / CPLA (2013).

A partir da criação deste Comitê, os órgãos de controle da qualidade da água passaram a apresentar monitoramento de maior número de parâmetros com maior frequência. Com a análise destes parâmetros foi possível estabelecer o principal índice de classificação da qualidade, isto é o IQA (Índice de Qualidade das Águas) que foi criado pela National Sanitation Foundation (NSF/EUA) em 1970. Este índice visa resumir a variação numérica dos parâmetros físicos, químicos ou biológicos a um valor global, classificando as águas quanto as suas propriedades e qualidade para seu uso. Para

facilitar a análise e gerenciamento das bacias hidrográficas, o Brasil tomou como referência o IQA-NSF, incorporado pela Cetesb em 1978, considerando-se o conjunto de nove parâmetros: *Escherichia coli*, pH, nitrogênio total, fósforo total, sólidos totais, temperatura, turbidez, oxigênio dissolvido e demanda bioquímica de oxigênio. Este modelo de IQA considera parâmetros que podem afetar as propriedades organolépticas, o equilíbrio ecológico e os riscos sanitários de contaminantes patogênicos. Esta ferramenta de cálculo possui ampla aplicação, permitindo dentre outros aspectos, que se determine a qualidade das águas numa escala de 0 a 100, na qual foram estabelecidas 5 classes: ótimo; bom; regular; ruim e péssimo (Tabela 2). Isso facilita o entendimento ao público em geral e especialmente aos gestores públicos para a tomada de decisões.

Tabela 2: Faixas de valores e classificação do IQA (Índice de Qualidade das Águas).

Faixas de IQA utilizadas nos seguintes Estados: AL, MG, MT, PR, RJ, RN, RS	Faixas de IQA utilizadas nos seguintes Estados: BA, CE, ES, GO, MS, PB, PE, **SP**	Avaliação da Qualidade da Água
91-100	80-100	Ótima
71-90	52-79	Boa
51-70	37-51	Regular
26-50	20-36	Ruim
0-25	0-19	Péssima

Fonte: Agência Nacional de Águas – ANA.

Entretanto, para análise de água atualmente, são incluídos outros parâmetros que permitem gerar outros índices, como o IVA (Índice de Qualidade das Águas para Proteção da Vida Aquática.

Contudo, os ensaios de toxicidade são ferramentas importantes para avaliar a qualidade da água e a carga poluidora de efluentes, uma vez que apenas ensaios físicos e químicos recomendados pela legislação não são suficientes para estimar o quanto as substâncias pela ação sinergística afetam os sistemas biológicos do ambiente. Os ensaios de toxicidade permitem ainda a avaliação do risco ambiental dos contaminantes. Somente organismos são capazes de detectar concentrações subletais de agentes tóxicos, e funcionar como biosensores da qualidade da água (MAGALHÃES, FERRÃO FILHO, 2008). Mozeto e Zagatto (2006) enfatizam que a exposição da biota aquática a misturas de contaminantes pode provocar efeitos diferentes daqueles esperados pela ação dos contaminantes isolados. Dentre os organismos que são recomendados pelos órgãos ambientais para ensaios biológicos, destaca-se a *Ceriodaphnia dubia*, conhecida como "pulga d'agua". Trata-se de um microcrustáceo bentônico de água doce, da ordem Cladocera, família Daphniidae, cujo tamanho atinge de 0,8 mm a 0,9 mm de comprimento (Figura 1). Este organismo é extremamente sensível a alterações ambientais, facilmente criado em laboratório, de ciclo de vida curto (cerca de 21 dias). Por ser um organismo que se reproduz por partenogênese apresenta homogeneidade das gerações subsequentes, sendo por isso, amplamente utilizado em testes de toxicidade aguda e crônica de produtos químicos e efluentes. Como em todo cladócera, *Ceriodaphnia dubia* apresenta fases alternadas de partenogênese, e neste tipo de reprodução a população é representada apenas por fêmeas.

Figura 1: *Ceriodaphnia dubia* (Fonte: http://cfb.unh.edu).

Ensaios de toxicidade com *Ceriodaphnia* são empregados internacionalmente pelas agências ambientais, especialmente as da Comunidade Européia, Estados Unidos, Canadá, Japão e Austrália para o controle das águas residuárias em ambiente aquático (ALVES; COBO, 2013). No Brasil, os ensaios com *C. dubia* são regulamentados pela norma ABNT NBR 13373: 2010.

OBJETIVOS

Neste trabalho objetivou-se avaliar a toxicidade das águas dos rios Jaguari e Atibaia mediante ensaios com o microcrustáceo *Ceriodaphnia dubia.* A toxicidade nas amostras foi relacionada com os valores de IQA comparados nos períodos secos e chuvosos.

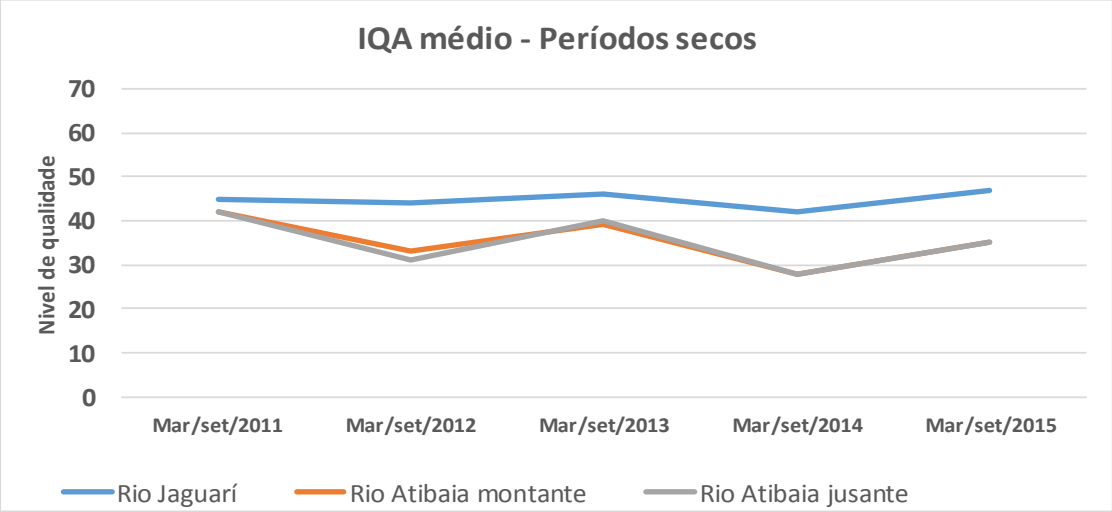
METODOLOGIA

Os ensaios ecotoxicológicos foram realizados de acordo com a norma ABNT/NBR 13373:2010, em amostras coletadas de março/2011 a março/2016, designados em períodos secos (15/mar-15set) e chuvosos (16/set-14/março). Pontos monitorados:
- Rio Jaguari: latitude -22,41’48” e longitude -47, 08’59” - local de captação de água para uso industrial;
- Rio Atibaia: latitude -22,41’28” e longitude -47,07’33” - montante do lançamento de efluente industrial tratado;
- Rio Atibaia: latitude -22,44’23” e longitude -47,07’40” - 800m a jusante da montante do lançamento do efluente (zona de mistura completa).
Os nove parâmetros analisados que compõem o cálculo do IQA são: pH, oxigênio dissolvido, demanda bioquímica de oxigênio, *Escherichia coli*, nitrogênio total, fósforo total, sólidos totais, turbidez e temperatura.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

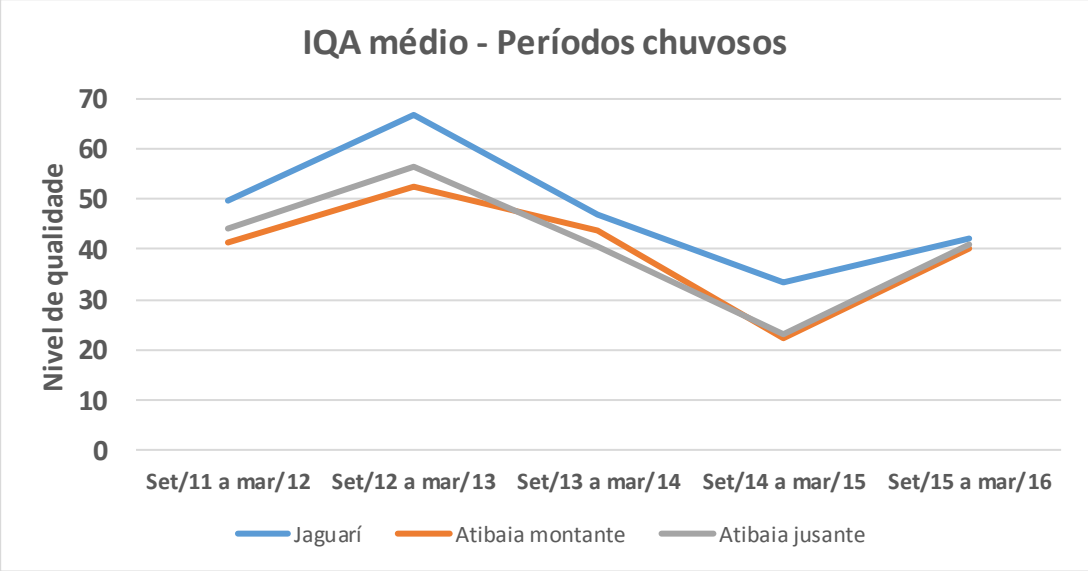
Nos períodos secos o Rio Jaguari manteve relativa estabilidade do IQA, com média 45 considerando-se os cinco períodos, enquanto no Atibaia registrou-se não só a semelhança entre os IQAs da montante e jusante do lançamento de efluente industrial como da média geral 35. A qualidade da água decaiu consideravelmente no período de 2012 e no ápice do período de intensa seca em 2014 (Fig.2).

Figura 2. Índices de Qualidade de Água (IQA) nos períodos secos (15/mar a 15/set) a partir de março/11 a setembro/15.



Nos períodos chuvosos ocorreu nítida influência sazonal na qualidade da água de ambos os rios. Quando houve regularidade das chuvas, a média do IQA foi maior em ambos os rios (período set/12 a mar/13). No período chuvoso 2014 pós seca intensa, registrou-se os piores valores de IQA do período de 5 anos, sendo a média 36 no Jaguari e 26 no Atibaia em ambos os pontos (Figura 3)

Figura 3. Índices de Qualidade de Água (IQA) nos períodos chuvosos (16/set a 14/mar) a partir de setembro/2011 a março 2016.



Após longos períodos de estiagem, as primeiras chuvas arrastam grande quantidade de partículas, aumentando a poluição difusa das mais diversas origens, que representam risco à sobrevivência dos organismos aquáticos. O Rio Jaguari situa-se numa região predominantemente agrícola, cujo potencial poluidor foi intenso no verão após a seca severa de 2014. Desta forma, foi registrado potencial tóxico crônico a *C. dubia* em 2 coletas (24/nov e 10/dez/14) apesar do IQA indicar qualidade regular (47 e 45 respectivamente, como evidencia a tabela 3), indicando a influência de outro parâmetro não englobado por este índice.

Por outro lado, no Rio Atibaia o potencial para causar toxicidade crônica a *C. dubia* manifestou-se em 10 coletas realizados ao longo dos períodos analisados. Não foram verificadas diferenças consideráveis entre os IQAs de ambos os pontos no Atibaia. Nas coletas que apresentaram algum potencial para toxicidade a maioria destas foram tóxicas tanto à montante como à jusante do lançamento do efluente industrial.
Os valores de IQA revelam-se preocupantes especialmente para o Rio Atibaia, uma vez que as análises correspondentes à montante e à jusante do descarte de efluente tratado, enquadraram-se na classificação "ruim". De 8 ocasiões nas quais verificou-se toxicidade crônica para *C. dubia* o Rio Atibaia apresentou qualidade "ruim". No entanto, IQA "regular" (45 e 49) nas coletas em 10/dez/13 e de 09/set/14 das águas montantes não revelaram toxicidade ao microcrustáceo, porém nas amostras tomadas a jusante (IQA 31 e 25) comprovou-se toxicidade, como pode-se verificar na Tabela 1.

Tabela 1. Toxicidade Crônica sobre *C. dubia*, entre 200 coletas nas quais detectou-se potencial tóxico ao microcrustáceo no período de 2011 a 2016 e o IQA das amostras.

Coletas	**Rio Jaguari**	**Rio Atibaia**	
		Montante	**Jusante**
12/fev/2013 IQA	NT 50	**T** **34**	**T** **23**
20/dez/2013 IQA	NT 50	NT 45	**T** **31**
20/jan/2014 IQA	NT 46	**T** 34	NT 40
20/mai/2014 IQA	NT 40	**T** **27**	**T** **29**
12/ago/2014 IQA	NT 44	**T** **33**	**T** **24**
09/set/2014 IQA	NT 60	NT 49	**T** **25**
23/set/2014 IQA	NT 43	**T** **33**	**T** **20**
24/nov/2014 IQA	**T** **47**	**T** **35**	**T** **25**
10/dez/2014 IQA	**T** **45**	**T** **35**	**T** **34**
05/jan/2015 IQA	NT 65	**T** **36**	**T** **26**

NT = não tóxico T = tóxico

CONCLUSÃO

Analisando-se tanto os valores de IQA quanto os resultados dos ensaios ecotoxicológicos, pode-se inferir que o rio Atibaia recebe maior contribuição poluidora quando comparado com o Rio Jaguari. A toxicidade observada para o rio Atibaia nas 8 amostras, tanto à montante quanto à jusante do lançamento do efluente petroquímico indica que o efluente industrial não contribuiu para a toxicidade frente à *C. dubia*, apesar do baixo IQA. Os nove parâmetros analisados que compõem o cálculo do IQA (pH, oxigênio dissolvido, demanda bioquímica de oxigênio, *Escherichia coli*, nitrogênio total, fósforo total, sólidos totais, turbidez e temperatura) não são suficientes para estabelecer correlação com a toxicidade crônica frente a *C. dubia*. Deve-se levar em

consideração a influência do sinergismo entre as substâncias químicas lançadas no corpo hídrico. Hu et al., (2012) concluíram que a sinergia das substâncias químicas pode trazer um efeito tóxico para espécies aquosas, como *C. dubia*, por meio da captação de partículas, pois são organismos filtradores. Além do IQA, os ensaios biológicos são de extrema importância para garantir que a água de abastecimento público possua segurança quanto á sua qualidade.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABNT - Associação Brasileira de Normas Técnicas - **NBR 13373:** Ecotoxicologia aquática – Toxicidade crônica – Método de ensaio com *Ceriodaphnia* spp (Crustacea, Cladocera), Rio de Janeiro, 2010. 18p.

ALVES, T.; COBO, V.J. Bioindicador *Ceriodaphnia dubia* aplicada na avaliação ecotoxicológica da água da bacia hidrográfica do Rio Una. **Revista Ambiente**. Água, v. 8, (suplemento), p 168 – 182, 2013.

CETESB. Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental. Qualidade das águas interiores no Estado de São Paulo, IQA. **In: Série relatórios**, anexo V, 2006.

HU, J.; WANG, J.; WANG, J. Toxicity of lead on *Ceriodaphnia dubia* in the presence of nano-CeO_2 and nano-TiO_2. Chemosphere. October 2012.

MAGALHÃES, D.P.; FERRÃO-FILHO, A. A ecotoxicologia como ferramenta no biomonitoramento de ecossistemas aquáticos. **Oecologia Brasiliensis**, v.12, n.3, 2008.

MOZETO, A.A.; ZAGATTO, P.A. Introdução de Agentes Químicos no Ambiente. **In: ZAGATTO, P.A.; BERTOLETTI, E. (Eds.). Ecotoxicologia Aquática– Princípios e Aplicações.** 1 ed. São Paulo, SP, Brasil. Editora Rima, 2006. p.15-38.

RAMOS, M. A. G. **Avaliação da qualidade da água dos rios Jaguari e Atibaia por meio do Índice de Qualidade da Água – IQA e ensaios toxicológicos.** 2015. 177f. Tese (Doutorado em Microbiologia Aplicada) – Instituto de Biociências, Universidade Estadual Paulista, Rio Claro, 2015.

ZANCUL, M.S. Água e Saúde. **Revista Eletrônica de Ciências** n. 32, abril 2006.