



**UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA
“JÚLIO DE MESQUITA FILHO”
INSTITUTO DE BIOCÊNCIAS
RIO CLARO / SP**



**PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIAS BIOLÓGICAS
(ÁREA DE CONCENTRAÇÃO MICROBIOLOGIA APLICADA)**

MÁRCIO ANTÔNIO GOMES RAMOS

**AVALIAÇÃO DA QUALIDADE DA ÁGUA DOS RIOS JAGUARI E
ATIBAIA POR MEIO DO ÍNDICE DE QUALIDADE DA ÁGUA – IQA
E ENSAIOS TOXICOLÓGICOS**

**Rio Claro / SP
Outubro - 2015**

MÁRCIO ANTÔNIO GOMES RAMOS

**AVALIAÇÃO DA QUALIDADE DA ÁGUA DOS RIOS JAGUARI E
ATIBAIA POR MEIO DO ÍNDICE DE QUALIDADE DA ÁGUA – IQA
E ENSAIOS TOXICOLÓGICOS**

Tese apresentada ao Instituto de
Biotecnologia do Campus de Rio Claro,
Universidade Estadual Paulista Júlio
de Mesquita Filho, como parte dos
requisitos para obtenção do título de
Doutor em Ciências Biológicas
Microbiologia Aplicada.

Orientadora: Profa. Dra. DEJANIRA DE FRANCESCHI DE ANGELIS

Co-orientadora: Dra. DILZA APARECIDA NALIN DE OLIVEIRA LEITE

**Rio Claro / SP
Outubro - 2015**



UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA
CAMPUS DE RIO CLARO
INSTITUTO DE BIOCÊNCIAS DE RIO CLARO

CERTIFICADO DE APROVAÇÃO

TÍTULO: AVALIAÇÃO DA QUALIDADE DA ÁGUA DOS RIOS JAGUARÍ E ATIBAIA POR MEIO DO ÍNDICE DE QUALIDADE DA ÁGUA - IQA E ENSAIOS TOXICOLÓGICOS

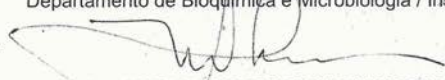
AUTOR: MARCIO ANTONIO GOMES RAMOS

ORIENTADORA: Profa. Dra. DEJANIRA DE FRANCESCHI DE ANGELIS

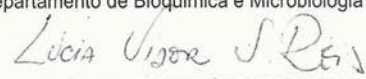
CO-ORIENTADORA: Profa. Dra. DILZA APARECIDA NALIN DE OLIVEIRA LEITE

Aprovado como parte das exigências para obtenção do Título de DOUTOR EM CIÊNCIAS BIOLÓGICAS (MICROBIOLOGIA APLICADA), pela Comissão Examinadora:


Profa. Dra. DEJANIRA DE FRANCESCHI DE ANGELIS
Departamento de Bioquímica e Microbiologia / Instituto de Biociências de Rio Claro


Profa. Dra. MARIA APARECIDA MARIN MORALES
Departamento de Biologia / Instituto de Biociências de Rio Claro


Prof. Dr. EDÉRIO DINO BIDÓIA
Departamento de Bioquímica e Microbiologia / Instituto de Biociências de Rio Claro


Profa. Dra. LUCIA VIDOR DE SOUSA REIS
Agência Ambiental de Piracicaba


Prof. Dr. ADRIANO PINTO MARIANO
Faculdade de Engenharia Química / Universidade Estadual de Campinas

Data da realização: 15 de outubro de 2015.

À minha querida esposa Landinha, pelo carinho, amor, dedicação, compreensão,
paciência, ajuda, incentivos e orações.....

Aos meus queridos filhos Március e Tárcius, pelos momentos de alegrias, carinhos, companheirismos, incentivos e ajudas.....

À minha querida irmã Maria Inês “Tata”, pela presença constante nas minhas jornadas; na criação, conselhos, carinhos e ajudas.....

in memoriam:

Ao meu avô Joaquim Gomes, pelos primeiros ensinamentos de Ciências Naturais “.....as águas dos rios se dirigem em direção para o mar...”; pelo presente no meu 10º aniversário, meu primeiro livro:
“Cadernos MEC - INICIAÇÃO À CIÊNCIA” – FENAME, 1969.

Aos meus pais, Sebastião e Elsa, pelo carinho, amor e educação que recebi em todos os momentos de nossos convívios (saudades).

Ao meu estimado cunhado Luiz Gastão, pela amizade, carinho, considerações, broncas e ajudas em todos os momentos de felicidades e principalmente nas horas de dificuldades (saudades).

AGRADECIMENTO

Meus agradecimentos em todos os momentos a DEUS, pelas constantes bênçãos e proteções divinas em minha vida, “sei que sem O Nosso Senhor, nada serei”!

Agradeço especialmente a “Profa. Dra. Dejanira de Franceschi de Angelis”, com muito carinho, consideração e admiração, pelos exemplos e pela maneira que diariamente conduz a vida, com muito amor, empenho, dedicação nas aulas teóricas e práticas ministradas, nos trabalhos de pesquisas científicas e acadêmicas, nos projetos sociais e de maneira muito especial, pelo convívio amoroso com sua família e também com seus “agregados”. Oro a DEUS que lhe abençoe cada vez mais, com muita saúde e felicidades, meus eternos agradecimentos pelos braços abertos e afetos, que sempre recebi de maneira muito especial, além dos ensinamentos, orientações científicas e acadêmicas, principalmente em alguns momentos difíceis da minha vida.

Ao Dr. Clayton de Angelis, meus agradecimentos pela amizade, consideração, apoio e incentivo, que sempre me proporcionou no decorrer dos estudos dessa pesquisa, além do belo exemplo de vida.

“Toda boa dádiva e todo dom perfeito são lá do alto, descendo do Pai das Luzes, em quem não pode existir variação ou sombra de mudança”

Tiago 1:17

A Dra. Dilza Aparecida Nalin de Oliveira Leite, meus eternos agradecimentos pelas constantes co-orientações, paciência, dedicação, amizade e empenho que sempre proporcionou durante todos os momentos para a realização dessa pesquisa e também nos trabalhos acadêmicos que tive a oportunidade de participar.

Ao Prof. Dr. Antonio Carlos Simões Pião e ao MSc. Eduardo Schneider B. de Oliveira, ao Departamento DEMAC – UNESP – Rio Claro, pelos cálculos estatísticos dessa pesquisa, e também pelas atenções, dedicações e empenho em todos os momentos.

Ao Centro de Estudos Ambientais (CEA) pelas colaborações e participações desse trabalho.

Ao Comitê de Bacias Hidrográficas PCJ – Sala de Situações, pelas colaborações e ajuda para realização desse trabalho.

Ao Biól. Valdenilson José A. de Oliveira, meu grande amigo “Zito”, obrigado pela amizade, considerações, incentivos, ajuda e apoio em todos os momentos e situações.

Ao Beto, obrigado pela amizade, incentivo e ajuda que sempre muito atenciosa fui atendido para a realização desse trabalho e também nos momentos difíceis.

Aos Profs.Drs.: André, Corso, Derlene, Edério, Eleonora, Jonas, Lara, Marconato, Marin, Marli, Pagnocca, Sâmia e Sandra pela dedicação, atenção e empenho das aulas e dos ensinamentos transmitidos.

As Profas. Dras. Dilza, Marin, Mirtis e Paula Suares pelas colaborações e ajudas para concretização desse trabalho.

Aos amigos do Laboratório de Ensino e Toxicidade de Água: Zito, Luíza, Inês, Eduardo, Oscar, Márcio, Mariane e Nair, pelas amizades, convívio, participações e ajudas durante todo tempo desse estudo.

Aos técnicos e funcionários do Depto. Bioquímica e Microbiologia: Beto, Carmem, Fátima, Adriano, Ronaldo e Angela, pelas amizades, convívio e colaboração que sempre recebi de todos para o desenvolvimento desse trabalho.

Aos amigos Vinícius, Danilo, Fabrício, Roberta, Luciana, Susan, Daiane, Cárol, Juliana, Richard, Rodrigo “Latino”, pelas amizades, convívio, participações e ajudas durante os estudos.

Ao meu filho Tárcius, pelas disponibilidades, contribuições, apoio e dedicações em todos os momentos para o desenvolvimento e realização desse trabalho.

Ao Ronaldo e Midinha, pelas amizades, considerações, incentivos durante os momentos difíceis e principalmente pelas orações.

Ao Cláudio Luiz Ribeiro, pela amizade, considerações e convívio durante o percurso desse estudo.

A todos os profissionais da Seção Técnica de Pós-Graduação do IB, na pessoa da Rosemary Cardoso, pela dedicação, educação e empenho em todos os momentos solicitados.

A todos os profissionais da Biblioteca, na pessoa da Regina Maria Seneda pela constante atenção, educação e dedicação em todos os momentos.

A todos os profissionais e colaboradores do RU, pelas deliciosas guloseimas e gentilezas e dedicação em todos os momentos.

Ao setor de manutenção IB, pelos atendimentos, atenção, empenho e prestações de serviços em todos os momentos, principalmente aqueles de última hora “prá já”....meus agradecimentos a todos, vocês também foram imprescindíveis para realização dos estudos.

Aos Institutos de Biociências e Geociências – UNESP Campus Rio Claro, agradeço a todos os pesquisadores, professores, profissionais e colaboradores, que diretamente ou indiretamente me proporcionaram condições para a realização desse estudo.

A CAPES, pelo apoio financeiro proporcionado para a realização desse trabalho.

“Feliz é o homem que persevera na provação, porque depois de aprovado receberá a coroa da vida que Deus prometeu aos que O Amam”.

(Tiago 1:12)

RESUMO

Visando contribuir com informações mais detalhadas aos gestores hídricos da qualidade das águas dos Rios Jaguari e Atibaia no município de Paulínia / SP, que envolve uma área densamente povoada e de importância econômica para o país, esta pesquisa reuniu os dados relativos às análises de água que envolve o Índice de Qualidade de Água (IQA) e ensaios biológicos no período de outubro de 2003 a março de 2015. Foram efetuadas 200 coletas aproximadamente a cada 15 dias, nos pontos de coleta no Rio Jaguari [22°44'48" (S) 47°08'59"(W)] e Rio Atibaia [22°44'22,3"(S) 47°07'40,8"(W)] no município de Paulínia / SP. As coletas e análises foram realizadas de acordo com as metodologias recomendadas pelo "Guia Nacional de Coleta e Preservação de Amostras de Água e Sedimento, Comunidades Aquáticas e Efluentes". Foram efetuadas análises de nove parâmetros: pH, Oxigênio Dissolvido, Demanda Bioquímica de Oxigênio, Nitrogênio total, Fósforo total, Turbidez, *Escherichia coli*, Sólidos totais e Temperatura. Além destes parâmetros foram executados ensaios biológicos de toxicidade aguda e crônica empregando *Daphnia similis*; *Ceriodaphnia dubia*; *Dugesia tigrina* e *Danio rerio*. O período de coletas envolveu 4195 dias, sendo dividido em: épocas de chuva, compreendendo os meses de outubro a março, referente há 2265 dias, constituindo de 11 períodos (P1C; P2C; P3C; P4C; P5C; P6C; P7C; P8C; P9C; P10C e P11C); e em épocas de seca incluindo os meses de abril a setembro, referente há 1930 dias, constituindo de 10 períodos (P1S; P2S; P3S; P4S; P5S; P6S; P7S; P8S; P9S e P10S). Verificou-se que ocorreram diferenças na qualidade das águas considerando os valores dos IQA's para o Rio JAGUARI, nos 11 períodos da época de chuva, sendo que 8 indicaram qualidade regular (51 a 37) e 3 boa qualidade (52 a 60); na época de seca, 2 períodos apresentaram qualidade regular (48 a 50) e 8 boa qualidade (53 a 63) indicando pequena melhora. Para o Rio Atibaia, nos 11 períodos de época chuvosa, 1 apresentou boa qualidade (54), 6 mostrou qualidade regular (42 a 51) e 4 apresentaram má qualidade (29 a 36); dos 10 períodos de época de seca, 9 indicaram qualidade regular (38 a 47) e 1 apresentou má qualidade (33). Comparando-se os resultados das análises dos parâmetros investigados em ambos os rios, foi possível concluir que o Rio Atibaia apresenta qualidade inferior ao Rio Jaguari, tanto na época chuvosa quanto na de seca. No Rio Jaguari, na época de chuva, os parâmetros que mais contribuíram para o baixo IQA foram *E. coli* (11 períodos), Turbidez (9 períodos), Demanda Bioquímica de Oxigênio (9 períodos), Fósforo total (4 períodos) e Oxigênio dissolvido (2 períodos); na época de seca, os parâmetros que influenciaram o baixo IQA foram *E. coli* (10 períodos), Turbidez (7 períodos), Demanda Bioquímica de Oxigênio (8 períodos), Fósforo total (3 períodos). Já para o Rio Ati-

baia, na época chuvosa, os parâmetros que mais contribuíram para o baixo IQA foram *E. coli* (10 períodos), Turbidez (6 períodos), Demanda Bioquímica de Oxigênio (8 períodos), Fósforo total (3 períodos), e na época de seca foram *E. coli* (10 períodos), Turbidez (4 períodos), Demanda Bioquímica de Oxigênio (7 períodos). Esta pesquisa evidenciou ainda que, dentre todas as amostras coletadas, os valores de concentração de fósforo total foram os que mais diferiram dos estipulados pela legislação, onde mais de 94% das análises de amostras coletadas em período chuvoso e mais de 89% das análises de amostras coletadas em período de seca apresentaram valores acima dos considerados seguros para ambos os rios. Os parâmetros que contribuíram mais intensamente para a não conformidade com a legislação foram: Demanda Bioquímica de Oxigênio, *E. coli*, Oxigênio dissolvido, Turbidez, Sólidos Totais e Nitrogênio Total. Para cômputo do IQA, os resultados de pH e Temperatura, apresentaram-se em conformidade com a legislação. Quanto aos ensaios biológicos, verificou-se que as águas de ambos os rios, não induziram toxicidade aguda em *D. similis*. Todavia, toxicidade crônica foi registrada em *C. dúbia* e *D. tigrina*, principalmente no período de elevada estiagem. Para *Danio rerio* apenas na época chuva foi confirmada toxicidade aguda em 18% das amostras do Rio JAGUARI e 27% do Rio Atibaia.

Palavras-Chave: Índice de Qualidade de Água (IQA); Rio Jaguari; Rio Atibaia; toxicidade, análise de água.

ABSTRACT

Aiming at contributing with more detailed information to water managers of water quality of the Jaguari and Atibaia Rivers in the municipality of Paulínia / SP, involving a densely populated area and economic importance to the country, this research gathered the data related to the analyses of water, including the Water Quality Index (WQI) and biological assays, from October 2003 to March 2015. During this period, 200 sampling campaigns were performed, approximately at every fortnight, in sampling points at Jaguari River [22°44'48" (S) 47°08'59"(W)] and Atibaia River [22°44'22,3"(S) 47°07'40,8"(W)]. The sampling and analyses were performed according to the methodologies recommended by the "National Guide of Sampling and Preservation of Water and Sediment Samples, Aquatic Communities and Liquid Effluents". Nine parameters were analyzed: pH, Dissolved Oxygen, Biochemical Oxygen Demand, Total Nitrogen, Total Phosphorus, Turbidity, *Escherichia coli*, Total Solids and Temperature. Moreover, acute and chronic toxicities were assessed using *Daphnia similis*; *Ceriodaphnia dubia*; *Dugesiatigrina* and *Danio rerio*. The sampling campaign consisted of a total of 4195 days, divided in rainy and dry seasons. The rainy season comprised 2265 days, from October to March, constituting 11 periods (P1C; P2C; P3C; P4C; P5C; P6C; P7C; P8C; P9C; P10C and P11C); the dry season comprised 1930 days, from April to September, constituting 10 periods (P1S; P2S; P3S; P4S; P5S; P6S; P7S; P8S; P9S and P10S). For Jaguari River, differences in water quality related to the WQI values were recorded during the 11 periods of rainy season, with 8 presenting regular quality (51-37) and 3 presenting good quality (52-60); in the dry season, from the 10 periods, 2 presented regular quality (48-50) and 8 good quality (53-63), indicating a slight improvement in comparison to rainy season. For Atibaia River, from the 11 periods of rainy season, 1 presented good quality (54), 6 presented regular quality (42-51) and 4 presented low quality (29-36); during the dry season, from the 10 periods, 9 presented regular quality (38-47) and 1 presented low quality (33). Comparing the analyses of the investigated parameters for both rivers, it was possible to conclude that Atibaia River presented inferior quality when compared to Jaguari River, in both, rainy and dry seasons. Regarding JAGUARI River, in the rainy season, the parameters that most contributed to the low WQI were *E. coli* (11 periods), Turbidity (9 periods), Biochemical Oxygen Demand (9 periods), Total Phosphorus (4 periods) and Oxygen Demand (2 periods), while during dry season, the parameters affecting the WQI were *E. coli* (10 periods), Turbidity (7 periods), Biochemical Oxygen Demand (8 periods) and Total Phosphorus (3 periods). For Atibaia River, the parameters contributing to the low WQI during

rainy season were *E. coli* (10 periods), Turbidity (6 periods), Biochemical Oxygen Demand (8 periods) and Total Phosphorus (3 periods), while, during dry season, were *E. coli* (10 periods), Turbidity (4 periods) and Biochemical Oxygen Demand (7 periods). This research also demonstrate that among all collected samples, the concentration of the Total Phosphorus was the parameter that most differed from those established by the legislation, where more than 94% of the analyzes of samples collected in the rainy season and more than 89% of the analyzes of samples collected dry period presented values above those considered safe for both rivers. The parameters that contributed more intensely to the non-compliance of the legislation were: Biochemical Oxygen Demand, *E. coli*, Oxygen Demand, Turbidity, Total Solids and Total Nitrogen. For calculation of the WQI, the results of pH and temperature were in accordance to the legislation. Regarding biological assays, results indicated that the water from both rivers did not induce acute toxicity to *D. similis*. However, chronic toxicity was recorded in *C. dubia* and *D. tigrina*, especially in the period of elevated drought. For *D. rerio*, acute toxicity was confirmed in 18% of Jaguari River samples and in 27% of Atibaia River samples, collected in rainy season.

Keywords: Water Quality Index (WQI); Jaguari River; Atibaia River; toxicity, water analyses.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Distribuição de água no planeta.	28
Figura 2. Divisão das BH-ESP. representação das atividades prioritárias.	32
Figura 3. Localização geográfica da UGRHI-05. As legendas indicam as bacias formadas pelos Rios Jaguari e Atibaia, formadores do Rio Piracicaba.....	35
Figura 4. IQA pontos de monitoramento da CETESB presentes na UGRHI-5, BH-PCJ, formando a BH-FEDERAL.....	36
Figura 5. Bioconversão de matéria orgânica em CO ₂	43
Figura 6. Ciclo do Nitrogênio.....	49
Figura 7. Organismo neonato de <i>Daphnia similis</i>	55
Figura 8. <i>Dugesia tigrina</i> , tamanho adulto pode variar de 10-15mm x 3mm.	57
Figura 9. <i>Danio rerio</i> , peixe utilizado como organismo-teste.....	60
Figura 10. Valores médios de pH dos Rios Jaguari e Atibaia nas épocas de chuva e de seca, de 200 coletas efetuadas entre outubro / 2003 a março / 2015 em relação ao valor mínimo permitido (VmP) e valor máximo permitido (VMP).	74
Figura 11. Valores médios de Oxigênio Dissolvido dos Rios Jaguari e Atibaia nas épocas de chuva e de seca de 200 coletas efetuadas entre outubro / 2003 a março / 2015, em relação ao valor mínimo permitido (VmP).....	79
Figura 12. Valores médios da DBO dos Rios Jaguari e Atibaia nas épocas de chuva e de seca de 200 coletas efetuadas entre outubro / 2003 a março / 2015, em relação ao valor máximo permitido (VMP).	84
Figura 13. Valores médios de <i>Escherichia coli</i> – (<i>E. coli</i>), dos Rios Jaguari e Atibaia nas épocas de chuva e de seca de 200 coletas efetuadas entre outubro / 2003 a março / 2015, em relação ao valor máximo permitido (VMP).....	89
Figura 14. Valores médios de Nitrogênio total (Nt), dos Rios Jaguari e Atibaia nas épocas de chuva e de seca de 200 coletas efetuadas entre outubro / 2003 a março / 2015 em relação ao valor máximo permitido (VMP).....	93
Figura 15. Valores médios de Fósforo total (Ft), dos Rios Jaguari e Atibaia nas épocas de chuva e de seca de 200 coletas efetuadas entre outubro / 2003 a março / 2015 em relação ao valor máximo permitido (VMP).	97
Figura 16. Valores médios de Sólidos totais (St) dos Rios Jaguari e Atibaia nas épocas de chuva e de seca de 200 coletas efetuadas entre outubro / 2003 a março / 2015 em relação ao valor máximo permitido (VMP).	101

Figura 17. Valores médios de Turbidez (Tz) dos Rios Jaguari e Atibaia nas épocas de chuva e de seca de 200 coletas efetuadas entre outubro de 2003 a março de 2015 em relação ao valor máximo permitido (VMP).	105
Figura 18. Valores médios de Temperatura (T°C) dos Rios Jaguari e Atibaia nas épocas de chuva e de seca de 200 coletas efetuadas entre outubro / 2003 a março / 2015 em relação ao valor máximo permitido (VMP).....	108
Figura 19. IQA de acordo com a classificação CETESB/2010, dos Rios Jaguari e Atibaia avaliados em 200 coletas entre outubro de 2003 a março de 2015.....	109
Figura 20. Valores médios de IQA's relacionados com pH e pluviosidade (mm) dos Rios Jaguari e Atibaia nas épocas de chuva e seca, referente a 200 coletas efetuadas entre outubro de 2003 a março de 2015 em relação ao valor mínimo permitido (VmP) e em relação ao valor máximo permitido (VMP).	111
Figura 21. Valores médios de IQA's relacionados com OD (mg O ₂ .L ⁻¹) e pluviosidade (mm) dos Rios Jaguari e Atibaia nas épocas de chuva e seca, referente a 200 coletas efetuadas entre outubro / 2003 a março / 2015 em relação aos valores mínimos permitidos (VmP). ...	112
Figura 22. Valores médios de IQA's relacionados com DBO _{5,20°C} (mg O ₂ .L ⁻¹) e pluviosidade (mm) dos Rios Jaguari e Atibaia nas épocas de chuva e seca, referente a 200 coletas efetuadas entre outubro / 2003 a março / 2015, em relação ao valor máximo permitido (VMP).....	114
Figura 23. Valores médios de IQA's relacionados com <i>E. coli</i> (NMP/100mL) e pluviosidade (mm) dos Rios Jaguari e Atibaia nas épocas de chuva e seca, referente a 200 coletas efetuadas entre outubro / 2003 a março / 2015, em relação ao valor máximo permitido (VMP).....	115
Figura 24. Valores médios de IQA's relacionados com Nitrogênio total (mg.L ⁻¹) e pluviosidade (mm) dos Rios Jaguari e Atibaia nas épocas de chuva e seca, referente a 200 coletas efetuadas entre outubro / 2003 a março / 2015, em relação ao valor máximo permitido (VMP).....	117
Figura 25. Valores médios de IQA's relacionados com Fósforo total (mg.L ⁻¹) e pluviosidade (mm) dos Rios Jaguari e Atibaia nas épocas de chuva e seca, referente a 200 coletas efetuadas entre outubro / 2003 a março / 2015, em relação ao valor máximo permitido (VMP).....	118
Figura 26. Valores médios de IQA's relacionados com Sólidos Totais (mg.L ⁻¹) e pluviosidade (mm) dos Rios Jaguari e Atibaia nas épocas de chuva e seca, referente a 200 coletas efetuadas entre outubro de 2003 a março de 2015, em relação ao valor máximo permitido (VMP).	120

Figura 27. Valores médios de IQA's relacionados com Turbidez (NTU) e pluviosidade (mm) dos Rios Jaguari e Atibaia nas épocas de chuva e seca, referente a 200 coletas efetuadas entre outubro de 2003 a março de 2015, em relação ao valor máximo permitido (VMP).....	122
Figura 28. Valores médios de IQA's relacionados com Temperatura (°C) e pluviosidade (mm) dos Rios Jaguari e Atibaia nas épocas de chuva e seca, referente a 200 coletas efetuadas entre outubro de 2003 a março de 2015, em relação ao valor máximo permitido (VMP).	123
Figura 29. Valores médios de IQA's – classificados pela CETESB-SP (2010) relacionados com a pluviosidade (mm) dos Rios Jaguari e Atibaia nas épocas de chuva e seca, referente a 200 coletas efetuadas entre outubro / 2003 a março / 2015.....	125
Figura 30. Valores médios de IQA's classificados pelo CCME (2001) relacionados com a pluviosidade (mm) dos Rios Jaguari e Atibaia nos períodos de chuva e seca, referente a 200 coletas efetuadas entre outubro de 2003 a março de 2015.	126
Figura 31. Subíndices do IQA do Rio Jaguari na época de chuva.	131
Figura 32. Subíndices do IQA do Rio Jaguari na época de seca.	132
Figura 33. Subíndices do IQA do Rio Atibaia na época de chuva.	134
Figura 34. Subíndices do IQA na época de seca.	135
Figura 35. Modelo de regressão linear múltipla para o Rio Jaguari, nas épocas de seca.	137
Figura 36. Distribuição do IQA ao longo dos períodos comparada aos subíndices das águas do Rio Jaguari nas épocas analisadas.	138
Figura 37. Modelo de regressão linear múltipla para o Rio Jaguari nas épocas chuvosas.	139
Figura 38. Modelo de regressão linear múltipla para o Rio Atibaia, períodos secos.	141
Figura 39. Modelo de regressão linear múltipla para o Rio Atibaia, nas épocas chuvosas.	143
Figura 40. Distribuição do IQA ao longo dos períodos comparada aos subíndices das águas do Rio Atibaia nas épocas analisadas.....	145
Figura 41. Médias dos subíndices q_i e do IQA Rio Jaguari época seca.....	146
Figura 42. Médias dos subíndices q_i e do IQA Rio Jaguari época chuvosa.	147
Figura 43. Média dos subíndices q_i e do IQA do Rio Atibaia nas épocas de seca.	147
Figura 44. Média dos subíndices q_i e do IQA do Rio Atibaia nas épocas chuvosas. .	148

LISTA DE TABELAS

Tabela 1. Países com maior escassez de água doce.....	28
Tabela 2. Unidades de Gerenciamento Hídrico no Estado de São Paulo (UGRHI – SP). # número da unidade.....	32
Tabela 3. Municípios que compõem a UGRHI-5, área, população estimada e vocação ocupacional.....	36
Tabela 4. Solubilidade de oxigênio em função da concentração de cloretos e da variação da temperatura.....	42
Tabela 5. Valores de DBO ($\text{mg O}_2\cdot\text{L}^{-1}$) de alguns materiais.	43
Tabela 6. Valores de DBO ($\text{mg O}_2\cdot\text{L}^{-1}$) por mol de substâncias.....	44
Tabela 7. Frequência e número de amostragens durante o período de estudo indicando os meses / ano de cada época de chuva e de seca durante outubro de 2003 a março de 2015.	63
Tabela 8. Parâmetros utilizados para cálculo do IQA com os respectivos pesos aplicados no cálculo.....	65
Tabela 9. Faixas de valores e classificação do IQA / CETESB.	66
Tabela 10. Valores médios dos IQA's, nos períodos de coletas, classificados pela CETESB – SP, nas épocas de chuva e de seca dos Rios Jaguari e Atibaia.....	71
Tabela 11. Valores de pH de 200 coletas dos Rios Jaguari e Atibaia nas épocas de chuva e de seca, entre outubro de 2003 a março de 2015.	73
Tabela 12. Valores médios de Oxigênio Dissolvido dos Rios Jaguari e Atibaia nas épocas de chuva e de seca de 200 coletas efetuadas entre outubro / 2003 a março / 2015.	78
Tabela 13. Valores médios da DBO dos Rios Jaguari e Atibaia nas épocas de chuva e de seca das 200 coletas efetuadas entre outubro / 2003 a março / 2015.....	83
Tabela 14. Valores médios da contagem de <i>Escherichia coli</i> – (<i>E. coli</i>), dos Rios Jaguari e Atibaia nas épocas de chuva e de seca de 200 coletas efetuadas entre outubro / 2003 a março / 2015.	88
Tabela 15. Valores médios de Nitrogênio total (Nt), dos Rios Jaguari e Atibaia nas épocas de chuva e de seca de 200 coletas efetuadas entre outubro / 2003 a março / 2015.	92
Tabela 16. Valores médios de Fósforo total (Ft), dos Rios Jaguari e Atibaia nas épocas de chuva e de seca de 200 coletas efetuadas entre outubro / 2003 a março / 2015.....	96
Tabela 17. Valores médios de Sólidos totais (St) dos Rios Jaguari e Atibaia nas épocas de chuva e de seca de 200 coletas efetuadas entre outubro / 2003 a março / 2015.....	100

Tabela 18. Valores médios de Turbidez (Tz) dos Rios Jaguari e Atibaia nas épocas de chuva e de seca de 200 coletas efetuadas entre outubro de 2003 a março de 2015.	104
Tabela 19. Valores de temperatura em relação a Pressão de Vapor d'Água, Weast (1972).	105
Tabela 20. Classificação da temperatura da água conforme intervalos de valores, Weast (1972).....	106
Tabela 21. Densidade da água (g/cm ³), de acordo com a variação de temperatura, Weast (1972).....	106
Tabela 22. Valores médios de Temperatura (°C) dos Rios Jaguari e Atibaia nas épocas de chuva e de seca de 200 coletas efetuadas entre outubro de 2003 a março de 2015.....	107
Tabela 23. Parâmetros de avaliação do IQA das coletas dos Rios Jaguari e Atibaia nas épocas de chuva e de seca e a estimativa de dias em que os valores não atenderam a legislação (Resolução CONAMA 357/2005).	128
Tabela 24. Valores dos subíndice de qualidade na classificação dos parâmetros nas épocas de seca do Rio Jaguari.	138
Tabela 25. Valores dos subíndice de qualidade na classificação dos parâmetros nas épocas chuvosas.....	140
Tabela 26. Valores dos subíndices de qualidade na classificação dos parâmetros nas épocas de seca analisados no Rio Atibaia.	142
Tabela 27. Valores dos subíndices de qualidade na classificação dos parâmetros nas épocas chuvosas analisados no Rio Atibaia.	144
Tabela 28. Média dos subíndices q _i e do IQA para os Rios Jaguari e Atibaia na época analisada.	146
Tabela 29. Valores dos q _i e do IQA para os períodos chuvoso e seco do Rio Jaguari.	149
Tabela 30. Valores dos q _i e do IQA para nos períodos chuvoso e seco do Rio Atibaia.	149
Tabela 31. Toxicidade aguda empregando-se <i>D. similis</i> nas águas do Jaguari e Atibaia, no período de 2003 a 2015, média de 11 períodos chuvosos e 10 secos (103 e 97 coletas, respectivamente).....	150
Tabela 32. Avaliação temporal da toxicidade crônica para <i>C. dubia</i> das águas do Jaguari e Atibaia à <i>C. dubia</i> , no período P4, de 2007 a 2015.....	151
Tabela 33. Porcentagem média de sobrevivência ao final de 30 dias de ensaio com <i>D. tigrina</i> nas águas do controle, Rio Jaguari e Atibaia, ao longo dos períodos chuvosos e secos, de 2006 a 2015.....	153

Tabela 34. Porcentagem de sobrevivência de <i>D. tigrina</i> nas águas do Jaguari e Atibaia, no período de 2006 a 2015, nos períodos chuvosos e secos.....	155
Tabela 35. Potencial de toxicidade das águas do Jaguari e Atibaia ao <i>D. rerio</i> , no período de 2008 a 2015, com base na porcentagem de imobilização do peixe.....	156
Tabela 36. Comparação dos ensaios de toxicidade com <i>D. similis</i> , <i>C. dubia</i> , <i>D. tigrina</i> , e <i>D. rerio</i> , nos períodos chuvosos de 2004 a 2015 nos rios Jaguari e Atibaia.	157
Tabela 37. Comparação dos ensaios de toxicidade com <i>D. similis</i> , <i>C. dubia</i> , <i>D. tigrina</i> , e <i>D. rerio</i> , nos períodos secos de 2003 a 2014 nos rios Jaguari e Atibaia.	158
Tabela 38. Parâmetros físicos-químicos e biológico das águas dos rios Jaguari e Atibaia nos períodos chuvosos nas datas dos ensaios toxicológicos.....	159
Tabela 39. Parâmetros físicos-químicos e biológico das águas dos rios Jaguari e Atibaia nos períodos secos.	160

LISTA DE ABREVIATURAS

ABNT	Associação Brasileira de Normas Técnicas
ANA	Agência Nacional de Águas
BH	Bacia hidrográfica
BH-ESP	Bacia Hidrográfica do Estado de São Paulo
BH-PCJ	Bacia Hidrográfica dos Rios Piracicaba, Capivari e Jundiaí
CBH	Comitê de Bacias Hidrográficas
CBH-PCJ	Comitê das Bacias Hidrográficas dos Rios Piracicaba, Capivari e Jundiaí
CCME	Canadian Council of Ministers of the Environment
CETESB	Companhia Ambiental do Estado de São Paulo
CONAMA	Conselho Nacional do Meio Ambiente
CPCJ	Consórcio dos Rios Piracicaba, Capivari e Jundiaí
CPLA	Coordenadoria de Planejamento Ambiental
CRQ-IV	Conselho Regional de Química quarta região
DBO	Demanda Bioquímica de Oxigênio
DP	Desvio Padrão
DQO	Demanda Química de Oxigênio
ESP	Estado de São Paulo
ETA	Estação de Tratamento de Água
ETA's	Estação de Tratamento de Águas
ETE	Estação de tratamento de Efluente
ETE's	Estação de Tratamento de Efluentes
Ft	Fósforo total
ICMSF	International Commission on Microbiological Specification for Foods
IQA	Índice de Qualidade de Água
MS	Ministério da Saúde
NBR	Norma Brasileira
NMP/100mL	Número Mais Provável por 100 mL
NSF/USA	National Sanitation Foundation/USA
Nt	Nitrogênio total
NTU	Unidades Nefelométricas de Turbidez
OD	Oxigênio Dissolvido
PHA	Public Health Association
PNRH	Programa nacional de recursos hídricos
PNRH	Política Nacional de Recursos Hídricos
RMSF	Região Metropolitana de São Paulo
SINGREH	Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos
SMA	Secretaria do Meio Ambiente
SNIRH	Sistema Nacional de Informações sobre Recursos Hídricos
St	Sólidos totais
STD	Sólidos totais dissolvidos
Tz	Turbidez
UFMG	Universidade Federal de Minas Gerais
UGRHI's	Unidades de Gerenciamento de Recursos Hídricos
USEPA	Environmental Protection Agency EUA
VmP	Valor mínimo Permitido
VMP	Valor Máximo Permitido

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	22
2	REVISÃO DA LITERATURA.....	24
2.1	Água como substância fundamental para a vida.....	24
2.1.1	Água doce no mundo	26
2.1.2	Água doce no Brasil.....	29
2.1.3	Água doce no Estado de São Paulo.....	30
2.1.4	Gestão das águas no Brasil.....	33
2.1.5	Unidade de Gerenciamento de Recursos Hídricos-05 (UGRHI-05).....	34
2.2	Avaliação do Índice de Qualidade das Águas (IQA).....	37
2.2.1	Parâmetros analíticos de avaliação do IQA	39
2.3	Ensaio de toxicidade.....	54
2.3.1	<i>Daphnia similis</i>	55
2.3.2	<i>Ceriodaphnia dubia</i>	56
2.3.3	<i>Dugesia tigrina</i>	57
2.3.4	<i>Danio rerio (Brachydanio rerio)</i>	59
3	OBJETIVOS.....	61
3.1	Objetivos Gerais	61
3.2	Objetivos Específicos	61
4	MATERIAL E MÉTODOS	62
4.1	Material	62
4.1.1	Local de coleta	62
4.1.2	Plano de Amostragem	62
4.2	Métodos para avaliação da qualidade da água.....	63
4.2.1	Método de amostragem e preservação	63
4.2.2	Métodos de análise microbiológica.....	64
4.2.3	Métodos de análises químicas e físicas.....	64

4.3	Método para avaliação do Índice da Qualidade das Águas (IQA)	64
4.4	Métodos de ensaios toxicológicos em águas	66
4.5	Métodos estatísticos de avaliação.	66
4.6	Método de coleta de dados de investimento do Comitê PCJ na área de saneamento	67
4.7	Processamento de dados	67
5	RESULTADOS E DISCUSSÃO	69
5.1	Parâmetros de avaliação do IQA	69
5.1.1	Concentração hidrogeniônica –(pH)	71
5.1.2	Oxigênio Dissolvido – (OD)	74
5.1.3	Demanda Bioquímica de Oxigênio – (DBO _{5,20°C})	79
5.1.4	<i>Escherichia coli</i> – (<i>E. coli</i>)	84
5.1.5	Nitrogênio total – (Nt).....	89
5.1.6	Fósforo total – (Ft)	93
5.1.7	Sólidos totais – (St).....	97
5.1.8	Turbidez – (Tz)	101
5.1.9	Temperatura (T)	105
5.2	Valores médios do Índice de Qualidade de Água (IQA) em relação aos seus parâmetros e pluviosidade	108
5.2.1	IQA, pH e pluviosidade	110
5.2.2	IQA, OD e pluviosidade.....	111
5.2.3	IQA, DBO e pluviosidade.....	112
5.2.4	IQA, <i>E. coli</i> e pluviosidade.....	114
5.2.5	IQA, Nitrogênio total (Nt) e pluviosidade	116
5.2.6	IQA, Fósforo total (Ft) e pluviosidade.....	117
5.2.7	IQA, Sólidos Totais (St) e pluviosidade	118
5.2.8	IQA, Turbidez (Tz) e pluviosidade	120
5.2.9	IQA, Temperatura (T) e pluviosidade.....	122

5.3	Valores médios de IQA e pluviosidade	123
5.3.1	Valores médios de IQA classificados pela CETESB / 2010 comparados com os valores de pluviosidade	123
5.3.2	Valores médios de IQA classificados pelo CCME / 2001 comparados com os valores de pluviosidade	125
5.4	Avaliação das análises dos parâmetros do IQA, frente à Resolução CONAMA 357/2005	127
5.5	Avaliação Estatística	129
5.5.1	Análises estatísticas dos valores de IQA do Rio Jaguari nas épocas de chuva e de seca	129
5.5.2	Análise estatística dos valores de IQA do Rio Atibaia nas épocas de chuva e de seca	133
5.5.3	Análise estatística de comparação dos parâmetros e dos IQA's entre os Rios Jaguari e Atibaia	136
5.6	Resultados das avaliações dos ensaios de toxicidade	150
5.6.1	Toxicidade aguda empregando-se <i>Daphnia similis</i> (<i>D. similis</i>)	150
5.6.2	Toxicidade crônica empregando-se <i>Ceriodaphnia dubia</i> (<i>C. dubia</i>)	151
5.6.3	Toxicidade crônica empregando-se <i>Dugesia tigrina</i> (<i>D. tigrina</i>)	153
5.6.4	Comparação entre os ensaios.	155
6	CONCLUSÕES	161
7	RECOMENDAÇÕES	164
8	TRABALHOS FUTUROS	166
9	REFERÊNCIAS	167

1 INTRODUÇÃO

Embora o monge Malthus em 1798 tenha alertado sobre a expansão demográfica e que os recursos naturais no futuro seriam insuficientes para suportar a demanda de alimentos, só no final do século XIX esta recomendação foi realmente assumida. Considerando a água um segmento da alimentação, a preocupação com a sua quantidade e qualidade vem sendo objeto de preocupação no mundo todo e em algumas regiões conflitos estão em evidência por sua causa.

Atualmente o assunto água é discutido nas diferentes organizações de caráter internacional em congressos, reuniões de políticas públicas, eventos específicos, gerando grande volume de publicações.

A água como matéria mineral não sofre degradação em sua molécula, mas, devido ao seu imenso potencial em dissolver substâncias, acaba misturando em sua matriz aquilo que denominamos de contaminantes (presença de agentes patogênicos ou químicos alterando as características do sistema natural) ou poluentes (qualquer fator que altera o aspecto visual de um dado sistema original; água, ar, solo, etc.).

A água de um rio pode estar poluída por sólidos totais e não contaminada por agentes patogênicos e ou químicos. Os poluentes são objetos de preocupação, sobretudo com a qualidade das águas que são destinadas ao abastecimento público e manutenção dos ambientes aquáticos.

O Planeta Terra abriga em 1/4 de sua superfície terrestre atualmente cerca de 7,6 bilhões de seres humanos, animais e as plantas que dispõem de 0,2% de água doce para satisfazer todas as suas necessidades. A água além da distribuição irregular no planeta, o que leva a sérias conseqüências no desenvolvimento de várias regiões do mundo. Por isso, a escassez de água ou estresse hídrico vem se tornando também uma ameaça para cidades que não estão localizadas em regiões tradicionalmente áridas.

Com o reúso constante, a água superficial, quando encontrada, necessita de tratamento sanitário prévio para o consumo humano, ou está imprópria para o abastecimento público, em conseqüência do acúmulo de substâncias químicas nocivas provenientes de ações antrópicas desordenadas.

Assumindo esta preocupação, se faz necessário o acompanhamento da qualidade e quantidade de água na região sudeste do Estado de São Paulo onde se inserem os Rios Jaguari, Atibaia e Capivari que percorrem área de intenso desenvolvimento agrícola, industrial e adensamento humano.

Esta necessidade ficou evidenciada quando foi criado em 1991 o Comitê de Bacias PCJ, a partir do qual houve uma intensa mobilização governamental em prol dos recursos hídricos do Estado de São Paulo e posteriormente do país.

A partir da criação do Comitê, os órgãos de controle da qualidade da água, passaram a apresentar monitoramentos mais frequente da qualidade e quantidade. O principal índice de classificação da qualidade passou a ser o IQA. Monitoramento este realizado em todas as bacias hidrográficas do Estado de São Paulo.

Entretanto pelas características regionais, onde está inserido o PCJ, este trabalho decorre detalhes com análises mais frequente (quinzenais) dos parâmetros que envolvem para o cálculo do IQA, somando os ensaios de toxicidade, visando contribuir com informações sobre a qualidade e segurança das águas. Mediante as análises estatísticas, procura os fatores de maior importância que afetam a deterioração da qualidade da água.

Os Rios Jaguari e Atibaia formadores do Rio Piracicaba, percorrem uma região densamente povoada com significativas atividades agrícolas e industriais. Diante da localização e das condições geográficas, a preocupação com a quantidade e, sobretudo a qualidade das águas frente a saúde pública, deve assumir um controle prioritário.

Os estudos que envolvem a qualidade das águas, com frequência estão focados em alguns parâmetros físicos-químicos, sendo necessários a inclusão dos ensaios toxicológicos além dos parâmetros de condutividade elétrica (CE) e da demanda química de oxigênio (DQO).

Além disso, visualizar com clareza os fatores e a sazonalidade em que a qualidade da água pode sofrer alterações, quanto à segurança para o abastecimento público.

2 REVISÃO DA LITERATURA

2.1 Água como substância fundamental para a vida

A água é uma substância essencial para a vida e seus usos são indispensáveis a um largo espectro das atividades humanas.

Dentre as utilizações prioritárias destacam-se: abastecimento público e industrial, irrigação agrícola, produção de energia elétrica e as atividades de lazer e recreação. Uma das características mais importantes da água é dissolver muitos corpos sólidos, líquidos e gasosos, especialmente ácidos e sólidos iônicos.

Muitos compostos além aos de carbono também são solúveis em água, como os alcoóis, os açúcares, os ácidos entre outros. Essa propriedade solvente da água pode torná-la também um meio de transporte de determinadas substâncias e elementos químicos tóxicos, além de microrganismos, sendo alguns deles com características patogênicas o que restringe a sua utilização. Tais agentes contaminantes devem ser eliminados ou minimizados a concentrações nas quais não sejam prejudiciais à saúde do ser humano. Grande parte das doenças existentes nos países em desenvolvimento é proveniente da água de qualidade insatisfatória, podem estar relacionada tanto à transmissão hídrica como à origem hídrica. E nesses casos induzidas por agentes químicos ou biológicos.

- Doenças de transmissão hídrica: a água atua como veículo do agente infeccioso, sendo contaminada por agentes biológicos (vírus, bactérias e parasitas) ou por meio de insetos vetores que necessitam da água em seu ciclo biológico;
- Doenças de origem hídrica: causadas por altas concentrações de substâncias químicas presentes na água, geralmente devido a lançamento inadequado de águas residuárias dos esgotos urbanos, industriais e mais recentemente a inclusão de moléculas provenientes da poluição difusa frequentemente vinda da área agrícola.

No Brasil, estima-se que 60% das infecções hospitalares ainda estejam relacionadas às deficiências do saneamento básico, que geram outras consequências de impacto negativo para a qualidade e expectativa de vida da população. Estudos indicam que cerca de 90%

dessas doenças se devem pela água em qualidade insatisfatória ou qualidade imprópria para o consumo (ZANCUL, 2006).

A água necessária ao corpo humano é absorvida por meio de ingestão de líquidos e pelo desdobramento metabólico dos alimentos. A ingestão de quantidades insuficientes de água pode causar a desidratação e podem induzir problemas de risco à saúde, principalmente em crianças e idosos. Todas as funções biológicas dependem de água, razão pela qual, ela deve ser da melhor qualidade possível em quantidade adequada.

Algumas destas estão relacionadas como:

- Regulação da temperatura corporal;
- Remoção de produtos indesejáveis do metabolismo;
- Transporte de nutrientes e oxigênio para as células;
- Proteção das articulações;
- Redução do trabalho dos rins e fígado, ajudando a eliminar algumas toxinas do organismo;
- Auxilia a solubilização e permite a utilização de vitaminas, minerais e outros nutrientes pelo organismo.

Para chegar ao ponto de consumo, a água percorre um longo caminho desde sua nascente até o rio, represa, ou outra rede qualquer de distribuição. Nesse percurso a água pode sofrer efeitos diversos de poluição e contaminação, seja por ação antropogênica ou mesmo natural, tornando-se meio de transporte de tipos diversos de contaminação.

Caso a água seja utilizada sem condições sanitárias e químicas, ela pode constituir em riscos à saúde.

O grau de poluição das águas é medido mediante análises físicas, químicas, biológicas e toxicológicas, cuja fonte que avaliam as características das impurezas existentes, que, por sua vez, são identificadas por parâmetros denominados de qualidade das águas (ZANCUL, 2006).

Dessa forma, para estar apta ao consumo humano, a água destinada ao abastecimento público deve passar por uma série de tratamentos e de análises.

O conjunto de normas brasileiras que contém a lista de parâmetros e valores máximos permitidos para avaliação da qualidade da água, para fins de potabilidade pode ser obtido na Portaria MS 2914/2011 do Ministério da Saúde.

A poluição/contaminação das águas por ação antropogênica é gerada principalmente por:

- Efluentes domésticos (poluentes orgânicos biodegradáveis ou não, nutrientes e bactérias, fungos, vírus e protozoários);
- Efluentes industriais (poluentes orgânicos e inorgânicos, dependendo da atividade);
- Poluentes advindos das drenagens das áreas agrícolas que compõem: fertilizantes, defensivos agrícolas, fezes de animais e material em suspensão.

Essas águas servidas podem constituir veículo de transmissão de contaminantes e/ou patógenos. Os prejuízos à saúde das pessoas advêm de práticas, como ingestão direta, preparação de alimentos e uso na higiene pessoal, nas atividades de limpeza e no lazer (ZANCUL, 2006).

2.1.1 Água doce no mundo

A água sempre foi considerada para o homem uma substância de grande significado religioso, político e econômico. O homem sempre associou a água a diferentes significados na mitologia, religiões, na forma de sobreviver e de recuperar suas forças físicas e mentais.

A água é um mineral inorgânico que não se decompõe espontaneamente, essencial a todas as formas de vida do planeta. Contudo, essa substância com características especiais não está distribuída de forma homogênea no planeta, e está presente três estados físicos principais; gasoso, líquido e sólido.

De acordo com sua composição, a água na forma líquida, no Brasil, está classificada em água doce, salobra e salina. A água doce é aquela que contém 2 mg.L^{-1} de sólidos totais dissolvidos (STD), as salobras entre 1.000 a 10.000 mg.L^{-1} e as salinas ou salgadas com mais de 10.000 mg.L^{-1} (CONAMA 357/2005).

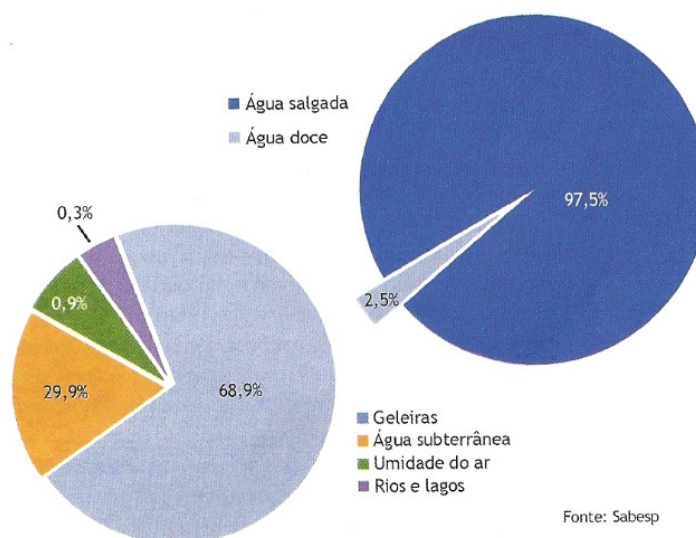
As águas formam os rios, lagos, represas, aquíferos, geleiras e oceanos, possuindo suas características físicas, químicas e biológicas conferidas pelos ambientes de suas origens e pelos percursos que percorrem.

O domínio das águas doces situa-se principalmente nos rios, muitos lagos, represas, geleiras, águas subterrâneas, enquanto que as águas salobras e salinas confinam-se em alguns lagos, nos oceanos, mares e em alguns aquíferos.

A água doce enquanto substância presente no planeta Terra, sempre foi considerada como sendo infinita. Entretanto, ao se verificar sua distribuição percebe-se que existem grandes diferenças, quanto a sua presença, nas diversas regiões da Terra.

A quantidade de água circulando no planeta é calculada como sendo 1.386.000 km³; (sendo que 1 km³ = 1 bilhão de m³), deste total apenas 2,5% é água doce. A Figura 1 representa a quantidade de água doce no planeta conforme sua distribuição; 68,9% nas calotas polares e geleiras; 29,9% constituem água subterrânea; 0,9% atmosfera e 0,3% nos rios e lagos. Desse volume de água, a parte disponível é de 0,3% de água doce, montante este que deve suprir todas as necessidades dos seres vivos. Disponível em (<http://www.prb.org/27/11/2014>).

Figura 1. Distribuição de água no planeta.



Fonte: Sabesp / Informativo CRQ-IV Nov/Dez. 2014.

A água doce, ainda que mal distribuída nos diferentes países, sofre os problemas impactantes das atividades humanas. Rebouças et al., (2006) listam os países mais escassos de água doce, como listados na Tabela 1.

Tabela 1. Países com maior escassez de água doce.

País	Disponibilidade (m ³ / hab. / ano)
Kuwait	Praticamente nulo
Malta	40
Catar	54
Gaza	59
Bahamas	75
Arábia Saudita	105
Líbia	111
Bahrain	185
Jordânia	185
Cingapura	211
União dos Emirados Árabes	279

Fonte: Margat, 1988 in Rebouças, 2006.

Segundo Falkenmark (1986; 1990), a quantidade de água necessária para cada habitante é superior a 1.000 m³ por ano. Quantidades menores que configuram “estresse de água”, que quando menos de 500 m³ por ano, representam escassez de água.

A disponibilidade social da água nos rios em 18 países do mundo em 1990 apresentava-se inferior a 1.000 m³ per capita por ano, embora a quantidade de água no mundo seja de cerca de 1.488.000 m³s⁻¹(REBOUÇAS, 2006). Estudos e pesquisas do Programa das Na-

ções Unidas para o Desenvolvimento (PNUD) apontam para o desperdício mundial de aproximadamente 1.500 km³/ano de água.

2.1.2 Água doce no Brasil

O Brasil é um país privilegiado, pois cerca de 12% da água doce superficial do planeta corre em seus rios. Segundo a Food and Agriculture Organization of the United Nations, esse percentual representa o dobro de todos os rios da Austrália e da Oceania, sendo superior em 42% aos da Europa e 25% maior do que os do continente africano (VITAL, Unilever, 2015). Aproximadamente 90% do território brasileiro recebem chuvas abundantes durante o ano, o que favorece a formação de uma extensa e densa rede de rios. Apesar da quantidade, o potencial hídrico no Brasil é mal distribuído. A região amazônica detém a maior bacia fluvial do mundo, mas constitui uma das regiões menos habitadas do Brasil.

A Bacia Hidrográfica do Rio Amazonas envolve todo o conjunto de recursos hídricos que convergem para o Rio Amazonas. Essa bacia hidrográfica faz parte da região hidrográfica do Amazonas, uma das doze regiões hidrográficas do território brasileiro. Ela abrange uma área de 7 milhões de quilômetros quadrados, compreendendo terras de vários países da América do Sul (Peru, Colômbia, Equador, Venezuela, Guiana, Suriname, Bolívia e Brasil).

A Bacia Amazônica constitui a maior bacia de regime misto (fluvial e nival) do mundo. Seu regime fluvial, deriva das águas das chuvas e nival que deriva do derretimento das geleiras dos Andes. O Rio Amazonas tem mais de 7 mil afluentes e possui 25 mil quilômetros de vias navegáveis. De sua área total, cerca de 3,89 milhões de km² encontram-se no Brasil, ou seja, 45% do país, abrangendo os estados do Acre, Amazonas, Roraima, Rondônia, Mato Grosso, Pará e Amapá.

A Bacia Amazônica representa 1/5 da água doce que atinge o oceano, o Rio Amazonas, como leito principal da bacia, é premiado com grande quantidade de afluentes e canais, criados pelo processo de cheia e vazante.

O Rio Amazonas tem sua origem na nascente do Rio Apurímac (alto da parte ocidental da cordilheira dos Andes), no sul do Peru, e deságua no oceano Atlântico, junto ao Rio Tocantins no delta do Amazonas, no norte brasileiro, percorrendo 6.992 km.

O Rio Amazonas, ao longo de seu percurso recebe, ainda no Peru, os nomes de Carhuasanta, Lloqueta, Apurímac, Rio Ene, Rio Tambo, Ucayali e Amazonas. Entra em territó-

rio brasileiro com o nome de Rio Solimões e finalmente, em Manaus, após a junção com o Rio Negro, recebe o nome de Amazonas e como tal segue até a sua foz no oceano Atlântico.

O Rio Amazonas é o único Rio com uma foz mista no mundo, por apresentar uma foz em estuário e em delta. Embora a nascente em sua totalidade seja acidentada e de grande altitude, a maior parte percorre em planície. Marginalmente, a vegetação ribeirinha é, em sua maioria, exuberante, predominando as florestas equatoriais da Amazônia. Disponível em: https://pt.wikipedia.org/wiki/Rio_Amazonas, acesso em 03/09/15.

A área coberta por água no Rio Amazonas e seus afluentes mais do que triplica durante as estações do ano. Em média, na estação seca, 110.000 km² estão submersos, enquanto que na estação das chuvas essa área chega a ser de 350.000 km².

No seu ponto mais largo atinge na época seca 11 km de largura, que se transformam em 50 km durante as chuvas.

No Brasil outra BH importante é a dos Rios da Bacia do Tocantins-Araguaia que ocupa 11% do território nacional e abriga a Ilha do Bananal, considerada a maior ilha fluvial do mundo.

A BH do Paraná; ocupa o primeiro lugar em produção de energia hidrelétrica do Brasil. Nessa região estão localizadas as usinas hidrelétricas de Itaipu, Furnas, Porto Primavera e Marimbondo, a área é irrigada por seis importantes rios: Grande, Iguaçu, Paranaíba, Paranapanema, Tietê e o Paraná, sendo que este último representa o segundo maior rio em extensão da América do Sul.

O Rio São Francisco; conhecido como o rio da integração nacional, percorre a região Sudeste, Centro-Oeste e os estados de Minas Gerais, Bahia, Pernambuco, Alagoas e Sergipe, sendo que suas bacias pelos seus afluentes alcançam também o estado de Goiás e o Distrito Federal. As hidroelétricas da bacia do rio São Francisco abastecem com energia, grande parte da região Nordeste.

2.1.3 Água doce no Estado de São Paulo

O Estado de São Paulo (ESP) detém cerca de 1,6% da água doce produzida no Brasil. Para gerenciar este volume de água o governo dividiu o Estado em Comitês de Bacias Hidrográficas (CBH), indicando a forma de organização de regiões do ponto de vista hidrológico.

A BH atua como elo entre municípios, assumida como a unidade de gestão dos recursos hídricos. No Estado de São Paulo, as mais importantes BH são as dos Rios Tietê, Pardo-Moji-Guaçu e Paraíba do Sul.

A bacia do Rio Tietê ocupa aproximadamente 72.000 km², é a maior e a mais importante do estado. Ao longo de seu curso há uma série de usinas hidroelétricas, responsáveis por parte considerável da energia elétrica consumida no ESP e os reservatórios de Ponte Nova, Taiaçupeba e Biritiba-Mirim são responsáveis pelo abastecimento parcial de água potável para a Região Metropolitana de São Paulo. Na região do Alto Tietê, que ocupa uma área de drenagem de 782 km², situa-se a estação telemétrica Aços Anhanguera, que é de fundamental importância para a previsão de cheias na Região Metropolitana de São Paulo (RMSP).

A bacia do Rio Pardo, distribuída em 34.500 km², com o seu grande afluente o Rio Moji-Guaçu, ocupa 17.800 km², constitui a mais importante contribuição para o Rio Grande, que por sua vez, é um dos formadores do Rio Paraná.

O Rio Paraíba do Sul, com bacia total de 56.500 km², banha os Estados de São Paulo e Rio de Janeiro, com afluentes drenando em regiões do Estado de Minas Gerais. Além dos importantes aproveitamentos hidroenergéticos nele existentes, é de fundamental importância para o abastecimento d'água potável para a Região Metropolitana do Rio de Janeiro e para outras importantes cidades do estado. Os rios principais do Estado de São Paulo são: Atibaia, Atibainha, Araguá, Araraquara, Avecutá, Aguapeí, Bauru, Barueri Mirim, Branco, Cachoeira, Cabuçú de Cima, Camanducaia, Capivari, Corumbataí, Cotia, Cubatão, das Almas, das Pedras, Embu-Guaçú, Grande, Guapira, Guarapó, Itupeva, Jacareí, Jaguari, Jundiaí, Lençóis, Mongaguá, Mogi-Guaçú, Paraíba do Sul, Pardo, Paraibuna, Paranapanema, Peixe, Piracicaba, Piagui, Preto, Paraná, Pinheiros, Ribeira do Iguape, Sorocaba, Tamanduateí, Tibiriçá e Tietê.

O ESP está dividido, de acordo com a Lei Estadual nº 9.034/94 de 27 de dezembro de 1994, Plano Estadual de Recursos Hídricos, em termos das atividades prioritárias (Unidades Vocacionais) em 22 Unidades de Gerenciamento de Recursos Hídricos – (UGRHI's), conforme apresentado na Tabela 2. As UGRHI's estão estruturadas no conceito de bacias hidrográficas, onde os recursos hídricos convergem para um corpo d'água principal.

Conforme apresentado na Figura 2, as UGRHI's estão agrupadas em quatro atividades vocacionais distintamente identificadas como: industrial, industrialização, agropecuária e conservação (CETESB, Jan.2013).

Tabela 2. Unidades de Gerenciamento Hídrico no Estado de São Paulo (UGRHI – SP). # número da unidade.

#	Unidade	#	Unidade
1	Mantiqueira	12	Baixo Pardo/Grande
2	Paraíba do Sul	13	Tietê/Jacaré
3	Litoral Norte	14	Alto Paranapanema
4	Pardo	15	Turvo/Grande
5	Piracicaba/Capivari/Jundiá	16	Tietê/Batalha
6	Alto Tietê	17	Médio Paranapanema
7	Baixada Santista	18	São José dos Dourados
8	Sapucaí/Grande	19	Baixo Tietê
9	Mogi-Guaçu	20	Aguapeí
10	Tietê/Sorocaba	21	Peixe
11	Ribeira de Iguape e Litoral Sul	22	Pontal do Paranapanema

Figura 2. Divisão das BH-ESP. representação das atividades prioritárias.



Fonte: SMA/CPLA (2013), e CETESB – Diretoria de Engenharia e Qualidade Ambiental, Jan. 2013.

2.1.4 Gestão das águas no Brasil

A demanda de água apresentou neste século não só no Brasil grande aumento, sendo necessárias intervenções governamentais para gerenciar sua utilização. Assim, em 17 de julho de 2000 foi instituída pelo governo federal brasileiro a Agência Nacional das Águas (ANA), a que foi atribuída a tarefa de implementar o Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos (SINGREH) e a Política Nacional de Recursos Hídricos (PNRH). Além disso, criou uma autoridade responsável pela emissão de outorgas de direito de uso de recursos hídricos em rios sob domínio da União, ou seja, aqueles que atravessam mais de um estado, os transfronteiriços e os reservatórios construídos com recursos da União.

Cabe a ANA disciplinar a implementação, a operacionalização, o controle e a avaliação dos instrumentos de gestão criados pela PNRH. Dessa forma, seu espectro de regulação ultrapassa os limites das bacias hidrográficas com rios de domínio da União, pois alcança aspectos institucionais relacionados à regulação dos recursos hídricos no âmbito nacional.

Todos os instrumentos de gestão são alicerce para o bom funcionamento do SINGREH e representam a base para a boa regulação. Por isso, a ANA desempenha ações de regulação, apoio à gestão dos recursos hídricos, de monitoramento de rios e reservatórios, de planejamento dos recursos hídricos, além de desenvolver programas e projetos e oferecer um conjunto de informações com o objetivo de estimular a adequada gestão e o uso racional e sustentável dos recursos hídricos.

Os planos de recursos hídricos, cuja elaboração é apoiada pela ANA, mostram como aplicar os demais instrumentos. Por exemplo, as prioridades para a outorga e as diretrizes e critérios para a cobrança pelo uso da água.

Antes, porém, é preciso ter um diagnóstico e direcionar o Plano para que seja consistente com o presente e o futuro, considerando como e quando emitir as outorgas, implementar a cobrança, realizar fiscalizações e estabelecer normas de enquadramento dos corpos d'água, com relação aos tipos de uso. Para isso, as informações são colhidas por meio do contínuo monitoramento qualitativo e quantitativo dos recursos hídricos. O Sistema Nacional de Informações sobre Recursos Hídricos (SNIRH) é também um instrumento de apoio à gestão, mas, sobretudo uma ferramenta de regulação.

Outras atividades da ANA são as de estímulo à criação dos comitês de bacias hidrográficas no país (Ministério do Meio Ambiente, disponível em http://www.mma.gov.br/estruturas/sbf_chm_rbbio/_arquivos/sist_recursos_hidricos_72.pdf).

Os comitês de bacias Federais são compostos por representantes da sociedade civil, dos usuários da água e dos poderes públicos que desempenham um importante papel nas ações de regulação, pois aprovam a aplicação adequada dos instrumentos de gestão na bacia.

Ainda, como órgão regulador, não pode ser esquecido à competência da ANA para definir as condições de operação dos reservatórios, públicos ou privados, para garantir os usos múltiplos dos recursos hídricos, e avaliar a sustentabilidade de obras hídricas com participação de recursos federais.

Sob este contexto, atuando de forma distinta de outras agências reguladoras em alguns aspectos, a ANA concilia competências de implementação da Política Nacional de Recursos Hídricos e de reguladora, consciente da sinergia benéfica ao meio ambiente e à sociedade brasileira, decorrente de sua missão institucional.

2.1.5 Unidade de Gerenciamento de Recursos Hídricos-05 (UGRHI-05)

No início do século XX, os critérios de qualidade da água para consumo humano eram avaliados essencialmente pelas características organolépticas, bastava ser límpida, agradável ao paladar e sem odor. Entretanto, no Brasil, na tentativa de preservar a qualidade da água, criou-se a ANA, que estabeleceu a criação dos Planos de Recursos Hídricos (PRH); o seu enquadramento em classes de uso, a outorga dos direitos de uso, o Sistema de Informação sobre Recursos Hídricos e Gestão por unidade de bacia hidrográfica.

Para suportar os investimentos, o governo estabeleceu que a água tivesse valor econômico e que os usuários deveriam reverter recursos para sua gestão, bem como a manutenção das BH criadas e instaladas segundo as Leis Estaduais (SP) nº 7.663/91.

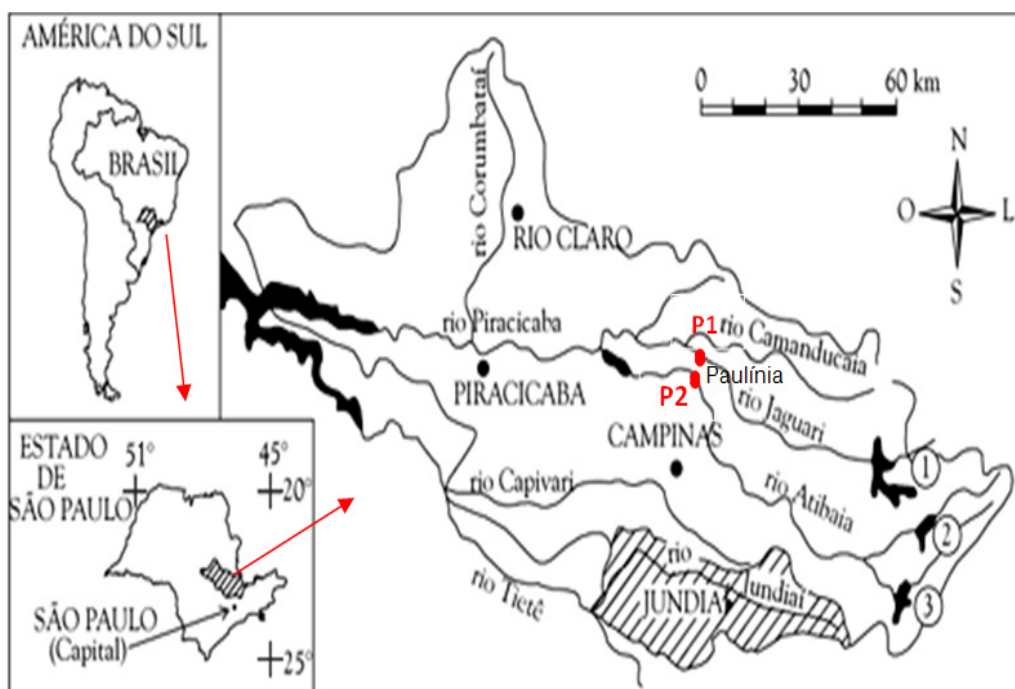
O Estado de São Paulo foi quem primeiro estabeleceu no Brasil as BH, dividindo o território em 22 Unidades de Gerenciamento de Recursos Hídricos (UGRHI), dentre estas se destaca a UGRHI-05, que foi a primeira instalada como Comitê de BH dos Rios Piracicaba, Capivari e Jundiá (CBH-PCJ).

A partir do século XXI, foi necessário criar órgãos gestores para coordenar ações a nível jurídico (Resolução CONAMA 357/2005) e econômico, como investimentos em sanea-

mento básico, criação de Estação de Tratamento de Efluentes (ETE's) e Estação de Tratamento de Águas (ETA's), envolvendo construções de redes de esgotos e de águas pluviais. Para a concretização dessas ações, são necessários valores econômicos significativos para manter a qualidade mínima exigida das Bacias Hidrográficas (BH).

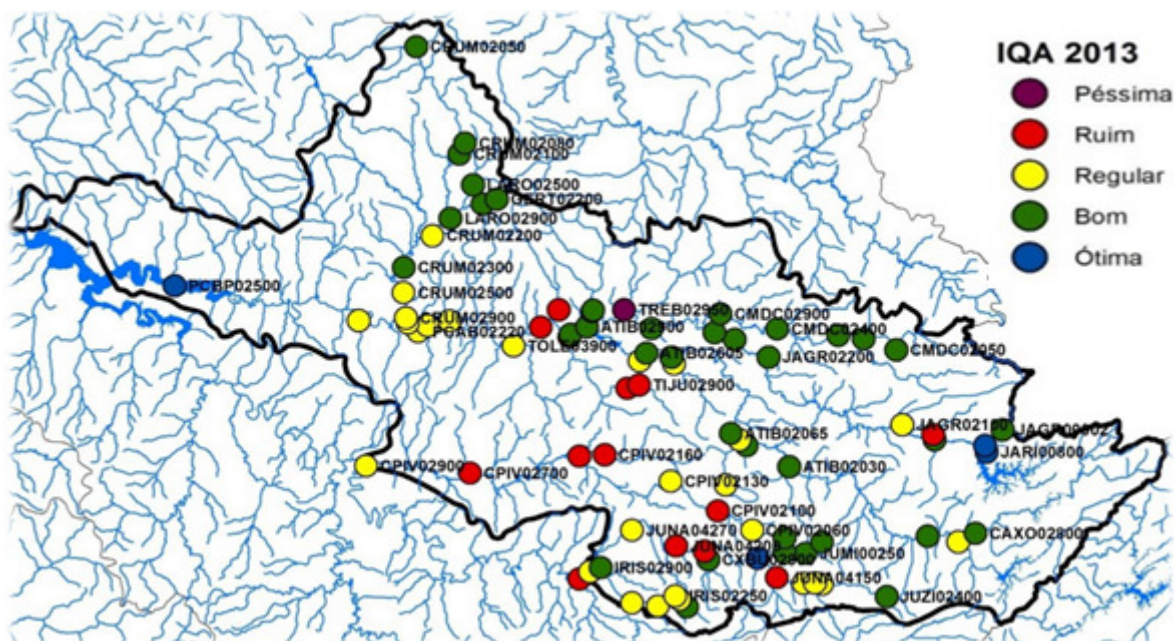
A Figura 3 representa o mapa de localização da UGRHI-05, denominada Bacia Hidrográfica dos Rios Piracicaba, Capivari e Jundiá (BH-PCJ) (NEVES et al., 2007).

Figura 3. Localização geográfica da UGRHI-05. As legendas indicam as bacias formadas pelos Rios Jaguari e Atibaia, formadores do Rio Piracicaba.



A Figura 4 apresenta os dados de monitoramento com os respectivos IQA's médios para cada ponto, no ano de 2013, representados pelas cores que expressam a qualidade do manancial.

Figura 4. IQA pontos de monitoramento da CETESB presentes na UGRHI-5, BH-PCJ, formando a BH-FEDERAL.



A Tabela 3 insere informações da composição de municípios, população e a vocação ocupacional da UGRHI-05.

Tabela 3. Municípios que compõem a UGRHI-5, 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).

2.2 Avaliação do Índice de Qualidade das Águas (IQA)

A BH-PCJ possui elevado grau de urbanização e desenvolvimento industrial diversificado, o que gera problemas quanto à disposição de lixo, poluição atmosférica e contaminação dos seus recursos hídricos.

Assim, o Rio Atibaia está sob influência de fontes diversas de poluentes como: efluentes domésticos por vezes parcialmente tratados, industriais, carga difusa urbana e da agricultura e pecuária, somando-se ainda a mineração, especialmente a exploração e comercialização de areia para fins de construção. Cada qual contribuiu com um tipo de poluente característico que são carregados pelas águas (LEITE et al., 2013).

O esgoto doméstico contribui para aumentar os resíduos totais, matéria orgânica biodegradável e principalmente *E. coli*, da qual preocupa-se os órgãos de fiscalização. Enquanto que os resíduos industriais possuem composição mais diversificada, dependente da matéria prima e processo industrial utilizado.

As águas transportam maior quantidade de poluição na ocasião das chuvas, especialmente as do deflúvio superficial urbano, onde materiais acumulados em bueiros e valas são conduzidos pelas águas até atingirem os rios (CHANG, 2014; ROBERTO, 2014).

Diversos autores têm estudado os parâmetros de qualidade da água (RODRIGUES, 1998; ANDRADE, 2005; STRIEDER et al., 2006; ZANINI et al., 2010; PINTO FILHO; SANTOS; SOUZA, 2012; MOURA et al., 2013; SHARMA et al., 2014; CAYAX et al., 2014; SALLA et al., 2014). Uma das dificuldades está em estabelecer quais variáveis podem servir de indicador de qualidade de água, que reflitam de forma nítida as alterações ocorridas no ambiente aquático, decorrentes do seu uso inadequado, da influência das condições climáticas, geológicas, tamanho e formato das bacias de drenagem (TOLEDO; NICOLELLA, 2002).

O IQA da água representa numericamente uma forma de avaliar a sua qualidade. Existem várias metodologias de calcular o IQA, especialmente quando são considerados os parâmetros químicos e físicos. Para facilitar a análise e gerenciamento das bacias hidrográficas, a National Sanitation Foundation / EUA (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.

Esta ferramenta de cálculo possui ampla aplicação, permitindo:

- Determinar a qualidade das águas, numa escala de 0 a 100, na qual foram estabelecidos 5 classes: ótimo; bom; regular; ruim e péssimo;
- Facilitar o entendimento ao público em geral e especialmente às gestões para tomada de decisões;
- Auxiliar programas de monitoramento das águas, indicando de forma resumida as alterações em bacias hidrográficas no espaço e no tempo;
- Avaliar a necessidade de reenquadramento dos corpos d'água segundo sua classe de uso principal (abastecimento público; irrigação, dessedentação animal, balneabilidade, etc.);
- Identificar parâmetros críticos que possam oferecer risco ambiental e que devem ser monitorados para manter o controle de qualidade aceitável;
- Comparar dados de qualidade entre diversos mananciais de uma bacia hidrográfica.

O conceito de IQA difundiu-se mundialmente, Sharma et al., (2014) relatam a ocorrência de 30 índices de qualidade da água, utilizados em diferentes regiões, com o número de variáveis entre 3 até 72.

Sharma et al., (2014) adotaram 10 parâmetros físicos e químicos: pH, condutividade elétrica; sólidos totais dissolvidos; dureza; alcalinidade, oxigênio dissolvido (OD); demanda bioquímica de oxigênio (DBO); demanda química de oxigênio (DQO); cálcio e magnésio, para avaliar o IQA da água na Índia.

Entretanto Yisa e Jimoh (2010) estudam o IQA das águas do Rio Landzu na Nigéria e sugerem a utilização de quinze parâmetros: pH, turbidez, índice de refração, dureza total, acidez total, sólidos totais dissolvidos, sólidos totais, cloretos, sulfatos, fosfato, nitrato, oxigênio dissolvido, demanda química de oxigênio, manganês e ferro. Esta pesquisa não inclui os parâmetros microbiológicos como insere a legislação brasileira da CETESB, (2010).

No Brasil o cálculo do IQA, foi proposto pela CETESB (1978), adotando os parâmetros para o cálculo os mesmos da NSF, levando em consideração o conjunto de nove parâmetros, com ênfase ao parâmetro biológico *E. coli*, além de pH, nitrogênio e fósforo total, sólidos totais, temperatura, turbidez, oxigênio dissolvido e DBO. Este modelo de IQA considera

parâmetros que podem afetar as propriedades organolépticas, equilíbrio ecológico e os riscos sanitários de contaminantes patogênicos.

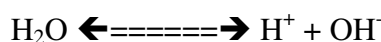
A avaliação, tomando como referência o IQA, verifica as interações entre as diversas variáveis mensuradas nas amostras de água. Mediante os valores dos IQA's é possível interpretar as associações e dar um entendimento ecológico que dê informações compreensíveis e objetivas sobre a água analisada.

O IQA vem sendo utilizado pela CETESB desde 1978 como ferramenta para avaliar a qualidade das águas de todos os pontos da rede básica de monitoramento do Estado de São Paulo, sendo referenciado como modelo em outros estados no Brasil.

2.2.1 Parâmetros analíticos de avaliação do IQA

2.2.1.1 Concentração do íon hidrogênio (H⁺), (pH)

A água dissocia-se em um grau muito pequeno produzindo uma concentração de hidrogênio igual a 10⁻⁷ mol por litro. Devido à produção de um íon hidroxílico (de característica básica) para cada íon hidrogênio (de característica ácida) a água pura é considerada neutra:



A natureza ácida da água está relacionada a concentração dos íons hidrogênio na solução aquosa empregando-se o símbolo pH na seguinte equação:

$$\text{pH} = \log 1 / [\text{H}^+]$$

Como o logaritmo de 1 sobre 10⁻⁷ é igual a 7, nesta condição o pH é neutro.

Quando uma substância alcalina é adicionada o íon OH⁻ une-se ao íon H⁺ livre, baixando a concentração do hidrogênio, aumentando o valor do pH, cuja escala varia de 0 a 14, onde de 0 a 7 caracteriza a condição ácida e de 7 a 14 a básica (HAMMER; HAMMER Jr., 1996).

Na água dos rios muitas substâncias são dissolvidas desde a nascente e vão alterando o equilíbrio dessa dissociação. O pH é importante, não só do ponto de vista químico, mas para muitos processos biológicos são frequentemente dependentes dele.

Alterações no pH das águas podem prejudicar, inibir ou induzir o desaparecimento do plâncton (GERTE et al., 2003; BIRIGUI et al., 2007). Além disso, o pH é um dos parâmetros que controla o desenvolvimento da microbiota (LEITE et al., 2013).

A maioria dos rios do mundo apresentam-se com pH entre 6,2 e 8,4 (STRAUB, 1989). O pH dos rios brasileiros no entanto possuem tendências à acidez. Valores baixos de pH podem ser atribuídos a ácidos orgânicos dissolvidos tanto de origem alóctone como autóctone.

A acidez também pode estar relacionada com a presença de ácidos como sulfúrico, nítrico, oxálico, acético, além do ácido carbônico formado principalmente pela atividade metabólica dos microrganismos aquáticos (POLETO, 2003).

Segundo a CETESB (2010), em águas poluídas, o pH é controlado principalmente pelo equilíbrio do dióxido de carbono, dos carbonatos e dos íons bicarbonatos, além dos ácidos húmico e fúlvico. Esta característica favorece a dissolução de metais em relação ao teor alcalino. À medida que as águas vão sendo utilizadas e posteriormente, devolvidas (águas de reúso) vão adquirindo caráter alcalino.

O pH interfere em diversos equilíbrios químicos que ocorre naturalmente ou em sistemas confinados como as ETA's e ETE's. Trata-se de um parâmetro importante em estudos de limnologia das águas continentais doces e salgadas. O pH tem relação com a concentração salina e os fluxos de matéria solúvel. Cabe a área técnica dos vigilantes do saneamento cuidar para que este parâmetro não seja alterado.

Os valores de pH da água pura estão sempre próximos a neutralidade, porém, grande número de fatores podem influenciá-los, dentre eles a concentração de ácido carbônico e pelas reações dos íons carbonatos e bicarbonatos com moléculas de água que respectivamente baixam e levam os valores de pH.

O pH tem influência na solubilidade tanto de compostos orgânicos como os inorgânicos, sofre influência pela dissolução das rochas, absorção de gases da atmosfera, fotossíntese e chuvas, principalmente das chuvas ácidas, (PORTO et al., 1991).

O pH é um parâmetro importante na avaliação do índice de qualidade da água, pois muitas substâncias são solubilizadas, precipitadas ou flotadas, dependendo das condições ácidas ou básicas da água.

2.2.1.2 Oxigênio dissolvido (OD)

As águas dos rios possuem vários gases dissolvidos sendo que, CO_2 , N_2 e O_2 são os principais. Entretanto para a manutenção da vida aquática o OD é da maior importância, pois atua sobre o sistema respiratório dos eucariotos. Assim, a Environmental Protection Agency EUA (USEPA, 1986) definiu que a faixa de 0 a 2 $\text{mg O}_2\cdot\text{L}^{-1}$ é insuficiente para manter a vida aquática; de 2 a 4 $\text{mg O}_2\cdot\text{L}^{-1}$ somente poucas espécies de peixes podem sobreviver; de 4 a 7 $\text{mg O}_2\cdot\text{L}^{-1}$ é aceitável para peixes de águas quentes e de 7 a 11 $\text{mg O}_2\cdot\text{L}^{-1}$ é ideal para a sobrevivência de peixes de águas frias, (LEITE et al., 2013).

A resolução CONAMA 357/2005, que trata da qualidade dos corpos hídricos superficiais, traz que 5 $\text{mg O}_2\cdot\text{L}^{-1}$ é o valor mínimo para rios de classe II (BRASIL, 2005). A avaliação da concentração de OD, em última instância, permite determinar o grau de pureza da água de um rio (OSIBANJO et al., 2011).

A concentração dos gases na água, em especial o oxigênio, é dependente da temperatura, salinidade, turbulência, pressão atmosférica, altitude, atividade dos organismos autotróficos que realizam a fotossíntese (CHAPMAN, 1996). Altas temperaturas e intensa atividade metabólica proveniente da decomposição biológica da matéria orgânica pelas bactérias contribuem para diminuição do OD nas águas (LEITE et al., 2013).

O nível de OD em águas naturais e residuárias dependem das atividades físicas, químicas e bioquímicas do corpo hídrico. A análise de OD é o teste chave para o controle da poluição de água e dos processos de tratamento dos esgotos e efluentes. O OD pode ser quantificado por vários métodos, como azida, permanganato, sendo que o método iodométrico descrito por Ludwig Wilhelm Winkler (1888) ainda é utilizado.

Enquanto o método iodométrico por titulometria emprega a propriedade oxidante de reagentes, o procedimento com eletrodo é baseado apenas na difusão molecular do oxigênio através da membrana (CLESCERI et al., 1998). Este método vem sendo largamente utilizado, uma vez que não envolve reagentes químicos dispensando seus resíduos e descartes.

A água pura saturada de oxigênio e água em diferentes temperaturas e salinidade a uma atmosfera pode variar o valor de oxigênio dissolvido, conforme apresentado na Tabela, (CLESCERI et al., 1998).

A temperatura e a salinidade estão associadas à qualidade de água dos rios. A temperatura média da água dos Rios no Brasil situa-se ao redor de 22 ± 2 °C, a medida que a água sofre reuso a tendência é de apresentar mais solutos e menor OD dissolvido.

A legislação brasileira CONAMA 357/2005 preconiza que águas de Rio Classe II devem apresentar $5 \text{ mg O}_2\text{.L}^{-1}$.

Tabela 4. Solubilidade de oxigênio em função da concentração de cloretos e da variação da temperatura.

Temperatura (°C)	Solubilidade de O ₂ (mg.L ⁻¹)			
	Cloretos (mg.L ⁻¹)			
	0	5	10	20
0,0	14,6	13,7	12,8	11,3
5,0	12,7	12,0	11,3	10,0
10,0	11,2	10,6	10,0	8,9
15,0	10,0	9,5	9,0	7,6
20,0	9,0	8,6	8,1	7,3
25,0	8,2	7,8	7,4	6,3
30,0	7,5	7,1	6,8	5,8

Valores abaixo desta referência indicam águas com alta desoxigenação provavelmente proveniente de descargas orgânicas biodegradáveis e nutrientes (YISA; JIMOH, 2010).

A qualidade das águas no Brasil é avaliada mediante monitoramento em pontos da Rede Hidrometeorológica Nacional que é de responsabilidade federal (29%) e parte estadual (71%). Nesses pontos são analisados OD, Tz, pH, condutividade elétrica, temperatura e vazão. Na região sudeste concentra-se a maior porção desses pontos de monitoramento (PIZZELLA; SOUZA, 2007).

2.2.1.3 Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO)

A demanda bioquímica de oxigênio é o parâmetro comumente usado para definir as cargas oxidáveis biologicamente dos esgotos municipais, efluentes industriais, poluição difusa e outros materiais. Mediante o monitoramento da DBO é possível determinar a eficiência das estações de tratamento dos efluentes e esgotos (CLESCERI et al., 1998).

DBO é definido como a quantidade de oxigênio utilizada por unidade de volume de um resíduo por uma população mista de microrganismos especialmente pelas bactérias em processo metabólico aeróbio para decompor a matéria orgânica, de acordo com esquema apre-

sentado na Figura 5. Convencionalmente a medida de DBO foi adotada para um tempo de cinco dias a $20 \pm 1^\circ\text{C}$ em uma estufa incubadora na ausência de luz.

Quanto maior a quantidade de matéria orgânica, maior será o consumo de oxigênio dissolvido (HAMMER; HAMMER Jr. 1996). Murgel Branco; Hess (1975), listam valores de DBO expresso em $\text{mg O}_2\cdot\text{L}^{-1}$ de águas naturais e residuárias, conforme apresentado pela Tabela 5.

Figura 5. Bioconversão de matéria orgânica em CO_2 .

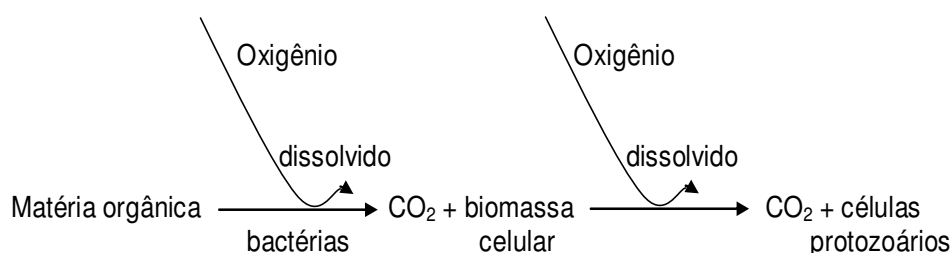


Tabela 5. Valores de DBO ($\text{mg O}_2\cdot\text{L}^{-1}$) de alguns materiais.

Material	DBO ($\text{mg O}_2\cdot\text{L}^{-1}$)
Água destilada	0
Água de rio muito limpa	1
Rio fracamente poluído	5
Efluente doméstico decantado de ETE após aeração prolongada	15
Efluente doméstico decantado de ETE em lagoa de estabilização, filtrado	30
Efluente doméstico decantado de ETE em lagoa aerada com 24 horas	120
Esgoto doméstico	200 / 300
Águas de lavador de fecularia	1.500
Vinhaça	15.000 / 30.000
Laticínio sem recuperação do soro do leite	30.000
Soro do leite	45.000
Suco de uva	50.000
Cerveja	60.000
Leite	100.000
Sangue	200.000

Substâncias puras segundo Imhoff (1966) também apresentam valores elevados de DBO, conforme demonstrado pela Tabela 6.

Tabela 6. Valores de DBO (mg O₂.L⁻¹) por mol de substâncias.

Substância	DBO (mg O ₂ .L ⁻¹)
Ácido láctico	540.000
Glicose	580.000
Lactose	580.000
Dextrina	580.000
Amido	680.000
Fenol	1.700.000

A quantidade média de DBO eliminada por pessoa por dia na Alemanha foi descrita de aproximadamente de 35 g / dia (IMHOFF, 1966). Porém Von Sperling (1996) relatou que a carga média orgânica diária per capita é de 54 g. Este parâmetro tem sido empregado para definir os dejetos industriais como “equivalente populacional” ou “equivalente por habitante”. Entretanto a contribuição per capita preconizada pela ABNT varia conforme o nível sócio econômico de 45 a 69 g / habitante / dia, NBR 12209 (2011).

Este valor pode ser utilizado para avaliar comparativamente o potencial poluidor de uma indústria e é útil para auxiliar o dimensionamento das estações de tratamento de águas residuárias.

Rojas (2012) relata que a presença de nitratos e fosfatos residuais geralmente representam altos níveis de DBO, iniciais num processo de purificação de águas. A quantidade de DBO de um corpo hídrico indica prioritariamente a sua qualidade.

2.2.1.4 *Escherichia coli* (*E. coli*)

Para que um grupo de microrganismos seja utilizado como indicadores ele deve ser de rápida e fácil detecção; não deve estar presente na forma de contaminante natural na água ou no alimento, mas deve estar sempre presente na amostra como patógeno; seu número deve correlacionar-se com o do patógeno; deve apresentar necessidades de crescimento e velocidade de crescimentos semelhantes aos dos demais organismos; a mortalidade deve ser semelhante à do patógeno e, se possível, sua sobrevivência levemente superior (FRANCO; LANDGRAF, 2003).

Segundo o International Commission on Microbiological Specification for Foods (ICMSF, 2011), os microrganismos indicadores podem ser agrupados em:

- Microrganismos que não oferecem um risco direto à saúde: contagem padrão de: mesófilos, psicotróficos, termófilos, bolores e leveduras.

- Microrganismos que oferecem um risco baixo ou indireto à saúde: (coliformes totais, coliformes fecais, enterococos, enterobactérias totais, *Escherichia coli*).

O indicador ideal de contaminação fecal, portanto, deve preencher outros requisitos além dos anteriormente citados: ter como habitat exclusivo o trato intestinal do homem e de outros animais; ocorrer em número elevado nas fezes; apresentar alta resistência ao ambiente extra-enteral; ser detectado mediante técnicas rápidas, simples e precisas (FRANCO; LANDGRAF, 2003) e (TORTORA et al., 2005).

Dentre os microrganismos, as bactérias ocupam ampla escala mundial de valores atribuídos à qualidade de água. No Brasil, o grupo de bactérias coliformes é referência na caracterização da potabilidade das águas, como determina a Portaria 2914/2004. Segundo Ministério do Meio Ambiente, estabelecido pela Resolução CONAMA 357/2005, para a classificação dos rios no Brasil, um dos parâmetros considerados baseia-se nos números de bactérias coliformes termotolerantes.

Dentre as principais doenças de veiculação hídrica, transmitidas por águas contaminadas, pode-se citar a febre tifóide, cólera, salmonelose, shigelose, poliomielite, hepatite A, parasitoses, disenterias bacilares e amebianas, responsáveis por vários surtos epidêmicos e pelas elevadas taxas de mortalidade infantil. Desse modo, análises microbiológicas da qualidade da água são importantes para a saúde pública, principalmente em países em desenvolvimento, onde ainda se encontram áreas densamente povoadas que apresentam baixos níveis de saneamento, o que propicia maior ocorrência de doenças vinculadas a via hídrica (FREITAS et al., 2001).

As bactérias conhecidas como, coliformes totais (CT) são as bactérias da família *Enterobacteriaceae*, capazes de fermentar a lactose com produção de ácido e gás, quando incubados a 35-37°C, por 48 horas. São bastonetes gram-negativos, não formadores de esporos, aeróbios ou anaeróbios facultativos. Pertencem a este grupo predominantemente, bactérias dos gêneros *Escherichia*, *Enterobacter*, *Citrobacter* e *Klebsiella*.

Destas, apenas a *Escherichia coli* tem como habitat primário o trato intestinal do homem e animais de sangue quente. Os demais: *Enterobacter*, *Citrobacter* e *Klebsiella*; além de serem encontrados nas fezes, também estão presentes em outros ambientes como no meio biológico e no solo, onde persistem por tempo superior ao de bactérias patogênicas de origem intestinal como *Salmonella* e *Shigella*.

Entre as bactérias coliformes totais, destacam-se as coliformes termotolerantes (CF) também referenciadas como *Escherichia coli*. Estas bactérias correspondem aos coliformes totais que apresentam a capacidade de continuar fermentando lactose com produção de gás, quando incubadas à temperatura de 44,5 a 45,5°C (RAY, 1996; BRASIL, 2005).

Nessas condições, ao redor de 90% das culturas de *Escherichia coli* são positivas, enquanto entre os demais gêneros, apenas algumas cepas de *Enterobacter* e *Klebsiella* mantêm essa característica (SILVA et al., 2000; FRANCO; LANDGRAF, 2003).

Os coliformes termotolerantes pertencentes a outras bactérias diferentes de *E. coli* podem ser provenientes de águas enriquecidas organicamente como, por exemplo, de efluentes industriais ou de materiais vegetais e solo em decomposição. Por esta razão, enquadram-se como coliformes totais.

A pesquisa de coliformes termotolerantes ou de *Escherichia coli* fornece com maior segurança, informações sobre as condições sanitárias da água e melhor indicação da eventual presença de enteropatógenos (RAY, 1996; LACERDA, 2012).

A análise da qualidade da água de abastecimento público quanto a presença de coliformes fecais, determina a eficiência das plantas de tratamento de água e a integridade do sistema de distribuição. A presença de elevado número de coliformes nos rios demonstra que ocorre entrada de dejetos de animais ou esgotos urbanos com ausência ou com deficiência de tratamento.

As bactérias coliformes podem ser analisadas quantitativamente por vários métodos: contagem pela técnica de tubos múltiplos, filtração em membrana, método enzimático cromogênico, por meios de cultura diferencial (*agar endo*) ou pela técnica microscópica de epifluorescência (CLESCERI et al., 1998).

Embora muitas linhagens de *E. coli* são enquadradas como patogênicas, a presença destas na água indica que aquelas patogênicas podem estar presentes.

Atualmente a classificação abrange cinco grupos de *Escherichia coli*:

- Enteropatogênica (EPEC);
- Enterotoxigênica (ETEC);
- Enteroagregativas (EAEC);
- Enteroinvasivas (EIEC);

- Enterohemorrágica (EHEC), na qual inclui a *E. coli* 0157:H7; os principais grupos associados ao consumo de alimentos (COURA et al.; RILEY, 2014).

Embora, para fins de avaliação do IQA, apenas a quantidade de *E. coli* seja considerada, na avaliação de qualidade de água. As bactérias heterotróficas (BH) são também computadas, pois, a Portaria 2914/2004, limita seu número na água potável. Quando as BH estão presentes em número elevado implica, em geral, em alta concentração de matéria orgânica dissolvida.

2.2.1.5 Nitrogênio total (Nt) – Amônia, Nitrato e Nitrito

Embora o nitrogênio (N) seja o gás mais abundante da atmosfera, pois está na proporção de 78,09% em volume, sua percentagem na água não é computada, quando se discute o Índice de Qualidade das Águas (IQA) (STRAUB, 1989).

O nitrogênio pode ser encontrado na natureza sob a forma de gás (N_2), nitrito (NO_2^-), nitrato (NO_3^-), amônia (NH_3^+), amônio (NH_4^+) e combinado com a matéria orgânica. Contudo, nitrogênio que interfere no IQA é proveniente da matéria orgânica em decomposição, geralmente derivado da degradação de proteínas, ácidos nucleicos, nucleotídeos, vitaminas, uréia e numerosos compostos orgânicos sintéticos.

Na natureza cerca de 85% do N_2 é fixado oxidativamente pelas bactérias, sendo 60% no solo e 40% nos oceanos. A fixação de N_2 pelas bactérias é um processo aeróbio, e quando ocorre nas águas induz a diminuição do O_2 , também chamada de Demanda Bioquímica de Oxigênio de segundo estágio.

Em áreas agrícolas o escoamento ou percolação da água de chuva em solos que recebem fertilizantes induz o aumento das diferentes fontes de nitrogênio na água superficial ou subterrânea.

Com frequência, quando a matéria orgânica começa a ser biodegradada ocorrem às reações bioquímicas de fermentação e putrefação. No processo denominado de putrefação participam as enzimas protease, desmolases, descarboxilases, desaminases, transaminases; quando a amônia é liberada (BIER, 1965).

Águas limpas possuem 2 a 3 $mg.L^{-1}$ de amônia, entretanto quando ocorrem descargas de esgotos urbanos tratados ou não em rios ou lagos, a amônia aumenta consideravelmente.

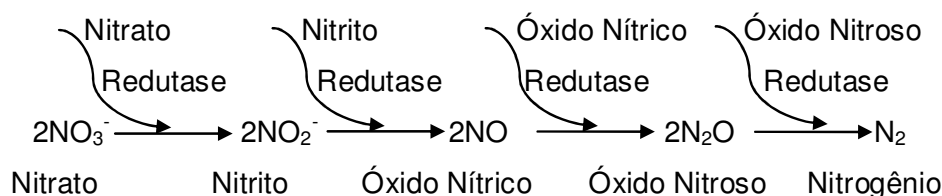
Também efluentes industriais colaboram com a entrada de amônia. A legislação CONAMA 430/2011 permite que efluentes possam descarregar até 20 mg.L^{-1} na água de Rio de Classe II.

A forma mais tóxica para a biota é a do íon amônia (NH_3^+), e esta toxicidade está embasada na dissociação do amônio (NH_4^+) em função do pH. Quanto mais alcalino, mais tóxico e ocorre maior dissociação da amônia (NH_3^+).

A presença de nitrogênio nas águas residuárias é determinada pela legislação, pois, o excesso deste elemento promove o crescimento de algas e induz a eutrofização, quando carbono e fósforo estão presentes. Os nitratos são tóxicos aos seres humanos, pois em concentrações maiores de 45 mg.L^{-1} pode causar uma doença chamada metahemoglobinemia infantil, também conhecida como “enfermidade dos bebês azuis”, que é letal para crianças. Na concentração acima de 100 mg.L^{-1} causa sabor amargo e distúrbios fisiológicos intestinais (STRAUB, 1989).

Entretanto o nitrato pode ser eliminado por redução microbiana. O nitrogênio na forma de nitrato é uma das formas mais estáveis dos compostos nitrogenados, entretanto pode sofrer o processo de desnitrificação. Esta é definida como um processo de respiração anaeróbia, realizado por algumas espécies de bactérias, que utilizam nitrato ou nitrito como aceptores finais de elétrons no lugar do oxigênio, liberando energia da cadeia respiratória utilizada na síntese do ATP, Cardoso et al., (1992); Coneglian (2001), descrevem que a redução do nitrato (NO_3^-) ou nitrito (NO_2^-) à forma gasosas (N_2 ; NO ; N_2O) ocorre por uma sequência de reações em que vários compostos intermediários são formados. O esquema do ciclo do nitrogênio está apresentado na Figura 6.

Figura 6. Ciclo do Nitrogênio.



A amônia é tóxica para peixes e indica a presença de poluição recente (HAMMER; HAMMER Jr., 1996). A quantificação da amônia é efetuada atualmente pelo método eletrométrico empregando eletrodo com membrana seletiva (CLESCERI et al., 1998).

Nitrito (NO_2^-) é um estágio intermediário da oxidação do nitrogênio gasoso. Uma das formas de entrada de NO_2^- na água é pela utilização como inibidor do processo de corrosão, mas também é um indicador de poluição orgânica sendo a primeira etapa da oxidação da amônia. A portaria 2914/2011 determina que a concentração máxima de nitrito é de $1,0 \text{ mg.L}^{-1}$ e pela Public Health Association (PHA) é de $0,06 \text{ mg.L}^{-1}$.

A presença de nitrato na água, que é a forma mais estável de nitrogênio e última etapa da oxidação da amônia, indicam o contato anterior de matéria orgânica de natureza protéica. Na água dos rios a maior contribuição no aumento da concentração das diferentes formas de nitrogênio são os esgotos urbanos.

Quanto ao nitrato, a Portaria 2914/2011, estabelece que a quantidade máxima é de 10 mg.L^{-1} na água de abastecimento público. Tanto o NO_3^- como o NO_2^- podem ser quantificados pelos métodos espectrofotométricos (CLESCERI et al., 1998); (AYDIN et al., 2005).

Cada uma das formas nitrogenadas pode desestabilizar a vida aquática gerando um desequilíbrio no ecossistema aquático. Para avaliar o Índice de Qualidade das Águas, considerando-se o nitrogênio é necessário promover a somatória das suas diferentes formas químicas.

2.2.1.6 Fósforo total (Ft)

O fósforo ocorre em águas naturais e residuárias quase sempre na forma de fosfatos, e podem ser classificados em ortofosfatos, fosfatos condensados como piro, meta e outros polifosfatos e nas ligações orgânicas como fosfato.

O fósforo pode originar-se da decomposição das rochas fosfatadas, da biodegradação de moléculas biológicas, das águas residuárias, de tratamento de caldeiras, de fertilizantes agrícolas como ortofosfatos e de moléculas da síntese orgânica como os detergentes e pesticidas; podendo estar presente na água em solução, particulado ou nos corpos dos organismos aquáticos. Quando presente nas águas a forma frequente é de ortofosfato, fosfato condensado e fosfato ligado à moléculas orgânicas e liberado ao meio, após a biodegradação (ABHINET; DOHARE, 2014).

Nas águas superficiais, pode ser rapidamente absorvido pelas plantas e animais, porém em concentrações mais significativas são encontradas no sedimento dos rios (CETESB, 2002). Em rios, as fontes mais significativas de fósforo são provenientes de esgotos domésticos, devido à presença de detergentes superfosfatados e matéria fecal (BARROS, 2011). Altas concentrações de fósforo nas águas podem também ser decorrentes de produtos químicos, como fertilizantes utilizados na agricultura que por ocasião das chuvas são solubilizados e atingem os rios (GONÇALVES, 2009).

O fósforo é um importante nutriente para processos biológicos, porém quando em excesso pode eutrofizar as águas e é absorvido biologicamente quanto estão presentes carbono e nitrogênio, elementos necessários para biossíntese (HAMMER; HAMMER Jr., 1986). Recentemente na UNESCO¹ foi enfatizado que o fósforo é um dos maiores problemas de contaminação em águas superficiais.

Em rios de classe 2 os valores de fósforo total não devem exceder ao limite de 0,1 mg.L⁻¹ segundo a Resolução do CONAMA n° 357/2005. O fósforo é determinado quantitativamente por métodos espectrofotométricos (CLESCERI et al., 1998).

2.2.1.7 Sólidos totais (St)

Os St podem afetar a qualidade da água do efluente, por numerosas maneiras. Correspondem à matéria suspensa e ou dissolvida em água de natureza orgânica e inorgânica que

¹UMBUZEIRO, G.A., informação pessoal.

permanece após a evaporação de uma amostra, até a completa secagem a 105°C (CLESCERI et al., 1998).

Águas com alto teor de St têm potabilidade inferior e podem induzir reações fisiológicas desfavoráveis a consumidores transientes. Por esta razão, foi estabelecido o limite de 500 mg.L⁻¹, como desejável para água potável. Altos teores de mineralização das águas são indesejáveis para muitos setores industriais, assim como, para atividades balneárias.

Entre os St estão incluídas as partículas em suspensão, o material solúvel orgânico e inorgânico. A partir do momento em que se tem o teor de sólidos totais da água, pode-se calcular a quantidade de minerais, mediante a calcinação.

Os sólidos totais em águas são quantificados pela secagem de 103-105°C, os dissolvidos a 180°C, enquanto os fixos a 550°C (CLESCERI et al., 1998). A análise dos St é importante parâmetro de monitoramento em processos de tratamentos biológicos e físicos das águas residuárias.

A eficiência operacional das ETA's está baseada na remoção dos sólidos suspensos e dos sólidos orgânicos digeridos pelo lodo (HAMMER; HAMMER Jr., 1996). A remoção dos St resulta em água de boa qualidade e que apresentará certa estabilidade (IMHOFF, 1966).

Desta forma, a presença de St em alta concentração na água, interfere no Índice de Qualidade das Águas (IQA), em virtude de agregar quantidade considerável de microrganismos, carga orgânica biodegradável, turbidez, cor, impedindo a penetração da luz, fatores estes que contribuem para induzir a eutrofização.

2.2.1.8 Turbidez (Tz)

A turbidez refere-se às partículas de solo (silte, areia e argila), substâncias orgânicas, microrganismos (fito e zooplâncton) e outros materiais que dificultam a passagem de luz através da água por absorção ou dispersão dos raios. Turbidez mede a difração da luz pelas partículas suspensas, sendo quantificada com auxílio do equipamento denominado nefelômetro. A faixa de medida varia de zero a cem e é expresso em Unidades Nefelométricas de Turbidez (NTU). Em água clara de lago o valor de (Tz) é cerca de 25 (NTU) e em águas turvas ultrapassa 100 (NTU) (CETESB, 2003).

A turbidez da água pode ser removida por centrifugação, filtração ou por precipitação com auxílio de coagulantes como sais de alumínio, sulfatos e coagulantes orgânicos. Os coa-

gulantes são empregados em larga escala nas estações de tratamento de água (ETA's) para abastecimento público. Com o auxílio de coagulantes a matéria em suspensão sofre agregação e formam-se os flocos que sofrem flotação, decantação e podem ser filtrados. O pH e o tempo de contato com o coagulante são importantes na purificação da água, pois neste processo grande parte da matéria em suspensão e dos microrganismos são eliminados.

Águas turvas são prejudiciais ao desenvolvimento da vida aquática, pois muitos organismos fotossintetizantes ficam prejudicados pela falta de luz e se destinadas ao tratamento necessitarão de maiores quantidades de produtos químicos.

Existe uma correlação entre turbidez com tamanho, número de partículas suspensas, forma e o seu índice de refração. As substâncias dissolvidas que produzem cor podem interferir negativamente com a turbidez. O aspecto colorido da água resulta da presença dos minerais naturais como o ferro e o manganês, matéria vegetal (como humo e tanino) ou águas coloridas provenientes de descargas industriais (têxtil, mineração, refinaria, processamento de polpa de celulose e papel, indústria química e de processamento de alimentos).

A cor é atribuída apenas às substâncias dissolvidas e sua remoção independe de centrifugação ou filtração. Sua medida tem como referência o cloroplatinato de potássio (K_2PtCl_6), (HAMMER; HAMMER Jr.,1996).

As NTU's são medidas comparativamente com suspensão de formazina e suspensão de estireno-dimetilbenzeno como padrões primários de calibração dos equipamentos. Padrões secundários de comparações podem ser utilizados como: suspensões padrão estáveis de estireno-dimetilbenzeno; amostras de suspensão de látex ou de partículas de óxidos metálicos suspensos em gel polimerizado (CLESCERI et al.,1998).

A turbidez de águas de rio de classe II determinada pela Resolução CONAMA 430/2011 pode ser até 100 NTU, a portaria 2914/2004 recomenda que a água de abastecimento público tenha entre 0 e 5 NTU. Para o cálculo do Índice de Qualidade das Águas, a presença de altos índices de turbidez indica em qualidade insatisfatória para abastecimento público.

2.2.1.9 Temperatura (T)

As águas das nascentes podem apresentar diferentes temperaturas como as fontes hidrotermais com variações de cerca de 20 a 63°C (LAZZERINI, 2013). Assim, a temperatura é

um parâmetro relevante na avaliação da qualidade da água em função do papel que exerce frente à velocidade das reações químicas e bioquímicas.

Considerando-se o IQA das águas a temperatura tem importância uma vez que a atividade microbiana desempenha papel importante na biodegradação, bem como a assimilação de substâncias pelos microrganismos que acaba favorecendo a sua reprodução.

A temperatura da água é um parâmetro que depende da latitude, altitude, estações climáticas, horário do dia, cobertura de nuvens, do fluxo e da profundidade do corpo hídrico (CHAPMAN, 1996).

Águas com temperaturas baixas tendem a apresentar maior riqueza de oxigênio. Nos períodos de verão, a temperatura dos rios eleva-se e a quantidade de oxigênio diminui e qualquer entrada de matéria orgânica facilmente oxidável vai induzir um déficit de OD comprometendo a microbiota aeróbia. A variação térmica é consequência de fontes naturais- energia solar e de origens antropogênicas - despejos industriais e águas de resfriamento de máquinas, etc., (VON SPERLING, 2014).

Descargas de água com altas temperaturas podem causar danos a flora e fauna das águas receptoras e interferir na reprodução das espécies, aumentar o número de bactérias e outros organismos, além de acelerar as reações químicas e a eutrofização (ROJAS, 2012).

A Resolução CONAMA 357/2005 estabelece o valor de 40°C, como a temperatura máxima permitida para o descarte de efluentes tratados em corpos hídricos receptores, no entanto, não faz referência quanto à temperatura das águas nos rios.

Segundo Imhoff (1966), acima de 30°C a quantidade de oxigênio na água diminui, enquanto aumenta a produção de CO₂, induzindo o aumento nos processos de decomposição, comprometendo a qualidade da água.

A cada 10°C de aumento da temperatura da água, vão induzir as reações tanto químicas como biológicas que levam a um deslocamento do ponto de equilíbrio do sistema de 1,072 vezes (constante de Arrhenius), (Hammer e Hammer Jr.1996).

A temperatura é um parâmetro físico extremamente importante quando se refere á água em função dos estados físicos em que a mesma se encontra. A determinação da temperatura com frequência é realizada com auxílio de termômetros (CLESCERI et al.,1998).

2.3 Ensaios de toxicidade

Ensaios de toxicidade são ferramentas indicadas para avaliar a qualidade da água e carga poluidora de efluentes, uma vez que ensaios físicos, químicos recomendados pela legislação não são suficientes para estimar o quanto as substâncias afetam os sistemas biológicos do ambiente, bem como, permitem a avaliação do risco ambiental dos contaminantes. Os testes de toxicidade não substituem as análises físicas e químicas tradicionais, embora sejam suficientes para quantificar e qualificar as substâncias contidas na água.

A utilização de ensaios ecotoxicológicos como ferramenta de avaliação ambiental é de fundamental importância, pois fatores como a biodisponibilidade e a interação entre os efeitos de poluentes não são avaliados pelas variáveis abióticas. Somente organismos são capazes de detectar concentrações subletais de agentes tóxicos, e funcionar como biosensores da qualidade da água (MAGALHÃES, FERRÃO FILHO, 2008).

Por outro lado, os ensaios de toxicidade avaliam o efeito das substâncias nos sistemas biológicos. Atualmente, recomenda-se que sejam feitos os testes físicos, químicos, microbiológicos e toxicológicos, de maneira complementar, especialmente em águas que cada vez mais apresentam natureza complexa do ponto de vista químico.

Os bioensaios permitem avaliar os possíveis efeitos sinérgicos de potencialização ou inibição da biota, decorrente da interação de dois ou mais substâncias orgânicas e/ou inorgânicas, Mozeto e Zagatto (2006) enfatizam que a exposição da biota aquática à misturas de contaminantes pode provocar efeitos diferentes daqueles esperados pela ação dos contaminantes isolados.

Ainda que se identifique e quantifique as substâncias não é possível estimar os efeitos que as mesmas apresentam sobre a vida aquática. Embora na definição de toxicologia ambiental sejam incluídas “substâncias químicas tóxicas encontradas naturalmente no ambiente provenientes de venenos de animais, toxinas microbianas e vegetais”, são os agentes químicos de origem antrópica os mais preocupantes (COSTA et al., 2008).

A partir de 1975, vários métodos de ensaios de toxicidade crônica e aguda foram desenvolvidos e adaptados (MAGALHÃES, FERRÃO FILHO, 2008). Os primeiros ensaios de toxicidade realizados no Brasil foram desenvolvidos pela CETESB, utilizando-se o organismo teste *D. similis*, com procedimento bem definido e padronizado (ABNT, 2004).

Ensaio ecotoxicológicos vêm sendo desenvolvidos pela CETESB com organismos aquáticos para determinação dos efeitos tóxicos causados por um ou mais agentes químicos em amostras de águas, sendo tais efeitos detectados com base em respostas fisiológicas. Diversos estudos relacionados à ecotoxicidade estão sendo realizados com grande variedade de organismos bio-indicadores (SILVA et al., 2010).

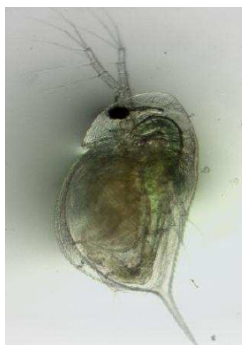
Os organismos utilizados nos ensaios toxicológicos para atingir os objetivos deste trabalho foram: *Daphnia similis*, *Ceriodaphnia dubia*, *Dugesia tigrina* (planárias) e *Danio rerio* (peixe paulistinha).

2.3.1 *Daphnia similis*

Daphnia similis é um microcrustáceo presente em água doce Figura 7. Faz parte da cadeia alimentar de outros animais, especialmente peixes. Este organismo alimenta-se de microalgas encontradas no ambiente aquático.

D. similis é quantitativamente um dos mais importantes organismos encontrados nos corpos hídricos superficiais. São seres filtradores, com ciclo de vida curto, reproduzem-se por partenogênese, com desenvolvimento direto no interior das fêmeas num período de cerca de 25 dias, formando uma população de diversas gerações. A população natural, na maior parte do ano, é constituída por fêmeas.

Figura 7. Organismo neonato de *Daphnia similis*.



Fonte: Tavares (2014).

O número de óvulos geradores de filhotes varia com a espécie, sendo dependente de fatores como quantidade e qualidade do alimento, temperatura, oxigênio dissolvido na água e

presença de agentes químicos. Quando as condições ambientais entram descompensadas, as fêmeas são induzidas a gerar indivíduos machos (efípios), para fecundação dos ovos. *D. similis* tem mostrado boa sensibilidade frente a efluentes industriais de diversas origens (CETESB, 1987).

Zagatto, Bertoletti (2006) e Buratini et al. (2004) também recomendam o gênero *Daphnia* para avaliação da toxicidade de efluentes líquidos, amostras ambientais, produtos químicos, lixiviados de resíduos sólidos e em avaliações de qualidade da água. Os ensaios toxicológicos seguem normas rígidas de execução (CLESCERI et al., 1998).

2.3.2 *Ceriodaphnia dubia*.

O Cladocera *Ceriodaphnia dubia* (*C.dubia*) é um organismo aquático bentônico de alta sensibilidade à alterações ambientais e é empregado para verificar a toxicidade crônica. Com frequência a *C.dubia* permite verificar a interferência sobre outros organismos do lançamento dos efluentes tratados. Um aspecto frequentemente abordado é a dinâmica populacional da *C.dubia*.

Devido a crescente urbanização e industrialização, o despejo de efluentes em corpos d'água tem provocado inúmeras alterações nos ecossistemas aquáticos comprometendo a qualidade da vida aquática. *Ceriodaphnia* tem sido empregada desde 1984 para avaliar a toxicidade dos efluentes (DEGRAEVE; COONEY, 1984).

Tanto o tempo de vida da *Daphnia* como da *Ceriodaphnia* é relacionado à temperatura. *Ceriodaphnia* tem tempo de vida de 30 e 50 dias respectivamente a 20 e 25°C. Em temperaturas mais baixas atribui-se menor atividade metabólica. A maturidade sexual da *Ceriodaphnia* acontece de 3 a 5 dias dependendo do tamanho anatômico e condições ambientais particularmente temperatura, qualidade da água e disponibilidade de alimentos.

Trata-se de um organismo partenogenético que na reprodução gera fêmeas durante a maior parte do ano. Organismos machos aparecem no outono e na primavera e os fatores que contribuem para o seu aparecimento ainda são desconhecidos.

Eventualmente no ciclo reprodutivo podem ser formados os efípios que são embriões encapsulados e resistentes à desidratação. A formação de efípios na *Daphnia* e *Ceriodaphnia* aparece como adaptação das condições adversas (CLESCERI et al., 1998).

Ensaio 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).

Os testes de toxicidade aguda e crônica com organismos aquáticos constituem-se em ferramenta necessária para essa caracterização, tanto na avaliação do potencial de riscos como no estabelecimento desses limites máximos permissíveis de descarte (ZAGATTO; BERTOLETTI, 2006).

2.3.3 *Dugesia tigrina*

Dugesia tigrina (planárias) são animais de escolha para realização de numerosos estudos envolvendo a ecotoxicologia, abordagem de biologia celular e molecular. As planárias apresentam-se com corpo achatado, revestido de muco, com epiderme ventral geralmente ciliada, são carnívoras saprófagas, alimentando-se de animais vivos ou mortos, tendo assim, grande importância na degradação da matéria orgânica (BARROS, 2006).

Planária de água doce é um dos platelmintos mais conhecidos, habitam em ambientes aquáticos limpos, sob pedras e folhas. São animais de vida livre, acelomados, triploblásticos e apresentam um corpo achatado dorsalmente, pigmentado, com aurículas cuja presença confere a cabeça um aspecto triangular (ver Figura 8) ocelos, presença de poro genital e faringeal na parte ventral (GOMES, 2008; SANT'ANNA et al., 2007).

Figura 8. *Dugesia tigrina*, tamanho adulto pode variar de 10-15mm x 3mm.



Fonte: Carolina Biological Supply Company

Quanto à reprodução, são hermafroditas dióicos, que podem reproduzir-se tanto sexualmente como assexuadamente. Sexualmente a postura de ovos é realizada por meio de um casulo revestido de quitina e possui uma substância adesiva que o fixa em um substrato. Logo após a postura os ovos apresentam coloração alaranjada escurecendo posteriormente, até obter coloração preta.

Assexuadamente, a reprodução ocorre por fissão transversal ou fragmentação simultânea de todo o corpo, arqueotomia. Isto é possível porque possuem células tronco por todo o organismo e que são mobilizadas quando há necessidade (SANT'ANNA et al., 2007; RUPPERT, 2005).

Um aspecto muito estudado relacionado a esse platelminto refere-se a sua capacidade de regeneração, sendo este processo desencadeado por uma dada lesão. Essa característica faz com que sejam interessantes para o estudo de carcinogênese e teratogênese (BARROS, 2005; GOMES, 2008).

Os platelmintos ocupam uma posição filogenética chave na evolução dos metazoários, sendo os primeiros seres com simetria bilateral e por ser o quarto maior filo animal da terra. Considerando-se ainda, a capacidade regenerativa, relevância ecológica, distribuição cosmopolita e simplicidade morfológica, tornam as planárias organismos-teste adequados para estudos ecotoxicológicos (SÁNCHEZ-ALVARADO, 2004)

A capacidade regenerativa é um aspecto muito estudado neste platelminto, que se processa a partir de uma dada lesão. Essa característica faz com que sejam interessantes para o estudo de carcinogênese e teratogênese (BARROS, 2005; GOMES, 2008).

Macroinvertebrados bentônicos são frequentemente utilizados como bioindicadores da qualidade de água e saúde de ecossistemas por serem animais que apresentam longo ciclo de vida (podendo viver de semanas, meses e anos), serem organismos grandes, de pouca mobilidade, fácil amostragem, custo relativamente baixo, elevada diversidade taxonômica e relativa facilidade na identificação, além de serem sensíveis a diferentes concentrações de poluentes (UFMG, 2009).

Os primeiros estudos utilizando planárias em ensaios ecotoxicológicos foram realizados por Rulon (1946), que expôs alguns animais a cloreto de lítio e a cianeto de sódio. Segundo Guecheva (1982), planária *Dugesia shubartii* mostrou-se sensível ao sulfato de cobre, indicando possibilidade de utilização destes platelmintos no monitoramento ambiental.

Dugesia tigrina é utilizada em ensaios biológicos pela facilidade em sua criação, bem como pela disponibilidade o ano todo, ampla distribuição geográfica além de alta sensibilidade a produtos carcinogênicos a mamíferos, atuando como bioindicadores da qualidade de água no monitoramento ambiental (SANT'ANNA et al., 2007; BATISTUCCI et al., 2007; OSOEGAWA, 2009; OLIVEIRA, WILLAND, 2011).

Becker et al., (2010), verificaram a sensibilidade das planárias da espécie *Girardia shubartii* sobre cloreto de mercúrio. Os autores verificaram que na concentração de 0,001 mg.L⁻¹, houve alteração dos animais em 24 horas de exposição.

Novaes et al., (2014) propõem o uso das *Dugesia tigrina* para monitoramento da qualidade de água como método comparativo para detecção de poluentes tóxicos aplicando-se o método de sobrevivência em segmentos de rios, antes e após descarte de efluentes. Em pesquisa subsequente *Girardia tigrina* foi utilizada para avaliação toxicológica aplicada a corante têxtil (RIBEIRO; UMBUZEIRO, 2014).

Ribeiro (2012) realizou estudos visando confeccionar protocolos padronizados para aplicação de planárias como bioindicadores de poluição hídrica em ensaio ecotoxicológico. Este autor constatou que neonatos demonstraram sensibilidade maior e uniforme a efeitos adversos de contaminantes ambientais como cobre, zinco, corante têxtil e ao agrotóxico atrazina.

Francisco (2008) utilizou *D. tigrina* e *Daphnia similis* para avaliar a toxicidade da vinhaça, após quinze dias de biodegradação e verificou que não houve mortalidade de organismos durante o teste, nem alteração de cor, tamanho ou comportamento, para ambos os organismos no período analisado.

Apesar da variedade de trabalhos, não há uma norma técnica que padronize os ensaios com planárias de água doce. Estes estudos utilizam planárias de diversas idades e espécies diferentes vêm sendo utilizadas em ensaios de mortalidade.

2.3.4 *Danio rerio* (*Brachydanio rerio*)

Normalmente os peixes são menos sensíveis que os invertebrados à maioria dos agentes tóxicos. No entanto, as normas que tratam dos testes de toxicidade recomendam a utilização de organismos de todos os níveis tróficos (MELETTI, 2003).

Os peixes são os principais representantes dos consumidores secundários na cadeia alimentar. No Brasil a espécie mais utilizada como bioindicador é *Danio rerio*, conhecido como peixe paulistinha ou peixe-zebra (COSTA et al., 2008).

Brachydanio rerio, atualmente conhecido como *D. rerio*, Figura 9, é uma espécie de peixe ovípara, vive na natureza em cardumes e não sobrevive quando isolado. Alimenta-se de *Daphnia*, *Artemisa* e *Turbifex* (pequeno verme), suporta entre 15 e 40°C.

Figura 9. *Danio rerio*, peixe utilizado como organismo-teste.



Fonte: Alves et al, 2015

Os ensaios de toxicidade com *D. rerio* são realizados de acordo com as normas NBR 12714 31/5/93, ABNT (2004) e USEPA (2002). Os parâmetros de controle da água serão: pH, dureza total, condutividade, oxigênio dissolvido e temperatura, tendo como base a atividade motora e a letalidade.

3 OBJETIVOS

3.1 Objetivos Gerais

- Indicação aos gestores ambientais, quanto às maiores diferenças entre a qualidade das águas dos Rios Jaguari e Atibaia no município de Paulínia / SP;
- Sugerir aos gestores ambientais a execução de ações que possam contribuir para o reenquadramento das águas desses rios mediante a seleção dos parâmetros de maior influência para a não conformidade com as exigências ambientais, bem como;
- Avaliar o tempo em que os Rios Jaguari e Atibaia estiveram em não conformidade com a legislação em cada parâmetro.

3.2 Objetivos Específicos

- Analisar o IQA dos Rios Jaguari e Atibaia no município de Paulínia /SP, entre outubro de 2003 a março de 2015 (11 anos e 6 meses), a partir de dados obtidos pelo monitoramento ambiental realizado com suas águas, comparando-se as estações chuvosas e secas;
- Avaliar a relevância de cada parâmetro que compõe o IQA;
- Estabelecer correlações entre valores de IQA com ensaios toxicológicos dos microcrustáceos: *Daphnia similis*, *Ceriodaphnia dubia*, *Dugesia tigrina* (planária) e *Danio rerio* (peixe).

4 MATERIAL E MÉTODOS

4.1 Material

4.1.1 Local de coleta

Os pontos de coletas foram georreferenciados pelo equipamento GPS Garmin e Trex Summit.

- Ponto 1 – Rio Jaguari 22°44'48,0" (S) 47°08'59" (W);
- Ponto 2– Rio Atibaia 22°44'22,3" (S) 47°07'40,8" (W).

4.1.2 Plano de Amostragem

A Tabela 7 apresenta o número de amostragens efetuadas pelo biólogo Valdenilson José Alves de Oliveira, nos Rios Jaguari e Atibaia no município de Paulínia / SP, nas épocas de chuvas nos meses entre outubro a março (P1C a P11C), referente a 103 amostragens e nas de secas nos meses entre abril a setembro (P1S a P10S), referente a 97 amostragens, totalizando 200 amostragens durante o período de estudo entre outubro de 2003 a março de 2015, para as análises, monitoramentos e classificações referentes aos valores do IQA.

Tabela 7. Frequência e número de amostragens durante o período de estudo indicando os meses / ano de cada época de chuva e de seca durante outubro de 2003 a março de 2015.

Amostragens Época de Chuva (C)	Mês / Ano	Número de Amostragens	Amostragens Época de Seca (S)	Mês / Ano	Número de Amostragens
P1C	Out a dez/2003 e Jan a Mar/2004	06	P1S	Abr a Set/2004	06
-	-	-	P2S	Abr a Set/2005	10
P2C	Out a Dez/2005 e Jan a Mar/2006	12	P3S	Abr a Set/2006	09
P3C	Out a Dez/2006 e Jan a Mar/2007	11	P4S	Ago e Set/2007	04
P4C	Out a Dez/2007 e Jan a Mar/2008	12	P5S	Abr a Set/2008	12
P5C	Out a Dez/2008 e Jan a Mar/2009	08	-	-	-
P6C	Out a Dez/2009 e Jan a Mar/2010	10	P6S	Abr a Set/2010	11
P7C	Out a Dez/2010 e Jan a Mar/2011	08	P7S	Abr a Jul/2011	7
P8C	Out a Dez/2011 e Jan a Mar/2012	08	P8S	Abr a Set/2012	13
P9C	Out a Dez/2012 e Jan a Mar/2013	09	P9S	Abr a Set/2013	13
P10C	Out a Dez/2013 e Jan a Mar/2014	09	P10S	Abr a Set/2014	12
P11C	Out a Dez/2014 e Jan a Mar/2015	10	-	-	-

Fonte: elaborado pelo autor.

4.2 Métodos para avaliação da qualidade da água

4.2.1 Método de amostragem e preservação

De acordo com o Guia de Coleta e Preservação de Amostras de Água – CETESB (1988) e o Guia Nacional de Coleta e Preservação de Amostras de Água e Sedimento, Comunidades Aquáticas e Efluentes Líquidos – CETESB (2011).

4.2.2 Métodos de análise microbiológica

4.2.2.1 Coliformes totais e *Escherichia coli*

As determinações de Coliformes totais e *Escherichia coli* (NMP/100mL) são baseadas na técnica do substrato cromogênico enzimático, realizadas segundo Standard Methods (APHA), (CLESCERI, et. al., 1998).

4.2.3 Métodos de análises químicas e físicas

Todas as análises químicas e físicas estão baseadas, segundo Standard Methods, APHA 20ª ed., (CLESCERI, et. al., 1998).

- Concentração hidrogeniônica (pH);
- Oxigênio dissolvido (OD);
- Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO_{5,20°C});
- Nitrogênio total (Nt) – O valor será determinado pela somatória da amônia, nitrato e nitrato;
- Fósforo total (Ft);
- Sólidos totais (St);
- Turbidez (Tz);
- Temperatura (T).

4.3 Método para avaliação do Índice da Qualidade das Águas (IQA)

A partir de um estudo realizado em 1970 pela National Sanitation Foundation – EUA (NSF-EUA), a CETESB adaptou e desenvolveu o Índice de Qualidade das Águas (IQA), que incorpora nove variáveis consideradas relevantes para a avaliação da qualidade das águas, tendo como determinante principal a sua utilização para abastecimento público (CETESB, anexo V, 2006).

O IQA é calculado pelo produtório ponderado das qualidades de água correspondentes às variáveis que integram o índice, utilizando a 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 da respectiva “curva média de variação de qualidade”, em função de sua concentração ou medida e, w_i : peso correspondente ao i -ésimo parâmetro, um número entre 0 e 1, atribuído em função da sua importância para a conformação global de qualidade, sendo que:

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

em que n : número de variáveis que entram no cálculo do IQA.

A Tabela 8 apresenta os nove parâmetros com seus respectivos pesos (w), que foram fixados em função da sua importância para a conformação global da qualidade da água.

Tabela 8. Parâmetros utilizados para cálculo do IQA com os respectivos pesos aplicados no cálculo.

Parâmetros de Qualidade de Água	Peso (w)
Oxigênio dissolvido (OD)	0,17
Coliformes termotolerantes (<i>E.coli</i>)	0,15
Concentração hidrogeniônica (pH)	0,12
Demanda Bioquímica de Oxigênio ($DBO_{5,20^{\circ}C}$)	0,10
Temperatura (T)	0,10
Nitrogênio total (Nt)	0,10
Fósforo total (Ft)	0,10
Turbidez (Tz)	0,08
Sólidos totais (St)	0,08

A Tabela 9 apresenta as faixas de valores do IQA e seus respectivos resultados de classificação pela CETESB para os Estados de SP; BA; CE; ES; GO; MS; PB e PE e as faixas de valores do IQA e seus respectivos resultados de classificação para os Estados de AL; MG; MT; PR; RJ; RN e RS.

Tabela 9. Faixas de valores e classificação do IQA / CETESB.

Valores e Classificação do IQA / CETESB -Faixa de Valores.		
CETESB - SP: SP, BA, CE, ES, GO, MS, PB e PE	CETESB - AL: AL, MG, MT,PR, RJ, RN e RS	Classificação
80 a 100	91 a 100	Ótimo
52 a 79	71 a 90	Bom
37 a 51	51 a 70	Regular
20 a 36	26a 50	Ruim
0 a 19	0 a 25	Péssimo

F
onte:
(CE-
TESB,
2010).

4.4 Métodos de ensaios toxicológicos em águas

- Método de ensaio com *Ceriodaphnia spp* (Crustacea, Cladocera), ABNT NBR 13373, 18p., 2010;
- Método de ensaio com *Daphnia spp* (Crustacea, Cladocera), ABNT NBR 12713, 23p., 2009;
- Método de ensaio com peixe, ABNT NBR 15088, 19p., 2004;
- Método de ensaio com *Dugesia tigrina* (BARROS, 2005).

4.5 Métodos estatísticos de avaliação.

A análise estatística foi feita através da regressão linear múltipla (MONTGOMERY et al., 2007) e também da análise de variância, mais conhecida como ANOVA (SCHEFFÉ, 1999).A regressão linear múltipla foi utilizada a fim de obter informações sobre quais parâmetros do IQA foram os mais influentes, já considerando a presença dos demais parâmetros. A ANOVA foi utilizada para comparação entre as médias dos subíndices do IQA e também do IQA entre os rios e também ao comparar períodos secos e chuvosos.

Vale ressaltar que para corrigir problemas existentes na aplicação dessas técnicas ao considerarmos os dados coleta a coleta, o que ocasiona dependência dos dados, violando suposições necessárias ao teste estatístico, foram obtidas as médias de cada um dos períodos secos e chuvosos. Com isso, por mais que haja perda de alguma variabilidade, é possível utilizar os testes estatísticos propostos sem que haja maiores problemas.

Para a utilização de ambas as técnicas, foram utilizados os subíndices de qualidade dos parâmetros do IQA ao invés de os valores absolutos dos mesmos. Isso foi feito pois a relação

entre os parâmetros e o valor do IQA não são sempre lineares, porém, a dos subíndices e do índice final sempre o são.

Esses subíndices são os q_i da equação do IQA, a qual tem a seguinte forma:

$$IQA = \prod_{i=1}^9 q_i^{w_i}$$

Na qual q_i representa os subíndices de qualidade para cada um dos parâmetros do IQA, obtidos a partir das curvas desenvolvidas para isso (BROWN et al., 1970; CETESB, 2013) e w_i representa os pesos para cada parâmetro no cálculo do índice.

4.6 Método de coleta de dados de investimento do Comitê PCJ na área de saneamento

Os recursos advindos da cobrança de águas na Bacia do PCJ são direcionados segundo o Programa de Duração Continuada (PDC), estruturará propostas da Bacia do PCJ pela deliberação n. 55 de 15 de abril de 2005, do Conselho Estadual de Recursos Hídricos.

4.6.1 Investimentos mais recentes do Comitê PCJ

Os recursos são destinados ao PDC formado por oito planos de desenvolvimento continuado, sendo: 1) Base de dados, cadastros, estudos e levantamentos; 2) Gerenciamento de Recursos Hídricos; 3) Recuperação da qualidade dos corpos d'água; 4) Conservação e proteção dos corpos d'água; 5) Promoção do uso racional dos recursos hídricos; 6) Aproveitamento múltiplo dos recursos hídricos; 7) Prevenção e defesa contra eventos hidrológicos extremos; 8) Capacitação técnica, educação ambiental e comunicação social. Formando um conjunto de ações denominado de "Programas que Requerem Esforços de Articulação Institucional (ACs). Aplicação dos recursos vinculados aos 8 PDC's no período de 2009-2014 foi de R\$1.465.697.349,15 e para 2015-2010 de R\$ 1.288.139.953,79.

4.7 Processamento de dados

Para atingir os objetivos desta etapa do trabalho, além da contribuição pessoal, foram buscas em arquivos:

- O processamento para o cálculo do IQA teve como base o banco de dados do Laboratório de Pesquisa e Ensino de Toxicidade de Águas (Profa. Dra. Dejanira de Franceschi de Angelis), UNESP Rio Claro, IB – Departamento de Bioquímica e Microbiologia.
- Os valores de pluviosidade foram gentilmente fornecidos pela Sala de Situação - Comitê de Bacias Hidrográficas – PCJ.
- Para análise estatística teve apoio do DEMAC – IGCE – UNESP Campus Rio Claro.

5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os dados obtidos das análises das 200 coletas, referentes a outubro de 2003 a março de 2015, juntamente com avaliações estatísticas e buscas de informações em bancos de dados estão inseridos nas tabelas e figuras a seguir apresentados.

Alta variabilidade dos dados analisados atribui-se ao fato que se trata de uma pesquisa com coletas de campo, em que as condições climáticas, a utilização antrópica da água, as descargas intermitentes ao longo do percurso dos rios e a sazonalidade agrícola têm forte interferência nas variabilidades analíticas.

5.1 Parâmetros de avaliação do IQA

Parâmetros analíticos para avaliar a qualidade das águas, utilizados para obtenção do resultado de classificação IQA, refletem-se pela influência de materiais e compostos desequilibrando o sistema natural dos corpos hídricos devido ao lançamento de efluentes industriais e esgotos domésticos sem o devido tratamento. O IQA classifica como índice, sendo importante também salientar que este índice foi desenvolvido para avaliar a qualidade das águas, tendo como determinante principal a sua utilização para o abastecimento público, considerando aspectos relativos ao tratamento dessas águas.

Os dados a seguir inserem os valores médios, desvios padrão, valores mínimos e máximos de cada parâmetro de avaliação do IQA. O número de amostras foi agrupado em épocas de chuva e de seca. Destacam-se nas tabelas e figuras as amostras que se apresentam em desacordo com a legislação, em relação ao número da amostragem efetuada nas épocas de chuva e de seca.

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. Os dados compõem das médias referentes a 200 coletas efetuadas nos Rios Jaguari e Atibaia nas épocas de chuva (outubro a março) e de seca (abril a setembro).

Nas tabelas e nas figuras apresentadas nesta seção, estão registrados os valores médios dos parâmetros do IQA das 103 coletas da época de chuva, reunidas em 11 períodos e das 97 coletas da época de seca em 10 períodos.

Estas tabelas e figuras apresentam valores médios, desvios padrão, valores mínimos e máximos e número de amostras cujos resultados estão em desacordo com a legislação em relação ao número de amostragem efetuada no período, referentes aos nove parâmetros utilizados para o cálculo do IQA, correspondentes a 200 amostragens efetuadas nos Rios Jaguari e Atibaia nas épocas de chuva e seca, entre outubro/2003 a março/2015.

Valores dos IQA's dos Rios Jaguari e Atibaia, a Tabela 10 apresenta os valores médios dos IQA's e as classificações CETESB – SP, obtidos nos 11 períodos da época de chuva, durante os meses de outubro a março, referente a 103 coletas e nos 10 períodos da época de seca durante os meses de abril a setembro, referente a 97 coletas dos Rios Jaguari e Atibaia compreendidos entre outubro de 2003 a março de 2015.

Rio Jaguari: de acordo com as classificações da CETESB – SP, as águas do Rio Jaguari na época de chuva, o período total analisado (P1C a P11C), classifica-se como regular. Porém, nos períodos avaliados os P1C; P2C; P7C e P9C apresentavam valores dos IQA's que variaram entre (55 a 60), valores estes com tendência para classificação próxima ao valor limite para classificação regular.

Na época de seca, o período total analisado (P1S a P10S), as águas do Rio Jaguari, classifica-se como bom, com valores variando entre (53 a 62), valores estes com tendência ao valor limite para classificação regular.

Rio Atibaia: de acordo com as classificações da CETESB – SP, as águas do Rio Atibaia, na época de chuva, para o período total analisado (P1C a P11C), classificam-se como regular. Porém, nos períodos P3C (32) e P11C (31), as águas estiveram classificadas como ruins. Nos períodos P9C (55) e P10C (53), as classificações foram boas, porém, apresentando valores com tendência para classificação próxima ao valor limite para classificação regular.

Na época de seca, para o período total analisado (P1S a P10S), as águas do Rio Atibaia, estiveram classificadas como regular. No período P3S (36) apresentou classificação ruim e no período P5S (52) classificou-se como bom, porém valor este com tendência ao valor limite para classificação regular.

Tabela 10. Valores médios dos IQA's, nos períodos de coletas, classificados pela CETESB – SP, nas épocas de chuva e de seca dos Rios Jaguari e Atibaia.

Valores IQA's / Classificação CETESB								
Rio Jaguari					Rio Atibaia			
Períodos	Épocas				Épocas			
	Chuva	Clas.	Seca	Clas.	Chuva	Clas.	Seca	Clas.
P1	55	Bom	61	bom	43	regular	44	regular
P2	60	Bom	61	bom	48	regular	47	regular
P3	49	regular	57	bom	32	ruim	36	ruim
P4	47	regular	61	bom	45	regular	45	regular
P5	44	regular	62	bom	39	regular	52	bom
P6	49	regular	58	bom	43	regular	51	regular
P7	58	Bom	54	bom	48	regular	44	regular
P8	44	regular	53	bom	50	regular	50	regular
P9	60	Bom	55	bom	55	bom	49	regular
P10	50	regular	48	regular	53	bom	39	regular
P11	38	regular	-	-	31	ruim	-	-
MÉDIA	50	regular	57	bom	44	regular	46	regular

Fonte: elaborado pelo autor.

5.1.1 Concentração hidrogeniônica –(pH)

Na Tabela 11 e na Figura 10 são apresentados os valores médios de pH, referente às 200 amostragens efetuadas nos Rios Jaguari e Atibaia, nas épocas de chuva e de seca (outubro/2003 a março/2015).

Rio Jaguari: as águas na época de chuva referente a 103 amostragens o valor médio de pH foi de $(7,38 \pm 0,25)$ o menor valor médio foi no período P9C de $(\text{pH} = 7,09 \pm 0,34)$ referente a 9 amostragens, o maior valor médio foi no período P2C $(\text{pH} = 7,60 \pm 0,16)$ referente a 12 amostragens, apresentando ainda o menor e o maior valor no período P10C $(\text{pH} = 6,41)$ e $(\text{pH} = 8,11)$, referente a 9 amostragens.

As variações de pH das águas dos rios podem confirmar a entrada de despejos industriais e domésticos sem os devidos e adequados tratamentos, além da carga de poluição difusa, coincidindo com a estiagem severa ocorrido, excepcionalmente, na época de chuva na região sudeste do Estado de São Paulo.

Estes valores demonstram que o Rio Jaguari ao atingir o município de Paulínia / SP, é um rio ainda relativamente preservado, pois as suas águas enquadram-se quanto a média de pH dos rios brasileiros (REBOUÇAS et al., 2006).

A Tabela 11 e a Figura 10 indicam que na época de chuva, quando com frequência as águas dos rios ficam mais comprometidas nas suas qualidades, os valores de pH máximo e mínimo mantiveram-se de acordo com a legislação CONAMA 357, para rios de Classe II.

Na época de seca que englobou 97 amostragens, o valor médio de pH foi de $(7,37 \pm 0,23)$ verificando-se sua estabilidade durante as épocas de chuva e de seca, provavelmente em função ao tamponamento das águas devido aos teores de sais presentes, observa-se ainda que houve um abaixamento no valor médio de pH nos períodos P9S ($\text{pH} = 7,09 \pm 0,31$) e P10S ($\text{pH} = 6,78 \pm 0,33$), referente, respectivamente, em 13 e 12 amostragens, Tabela 11.

Os valores máximos e mínimos de pH nesta época foram detectados nos períodos P8S ($\text{pH} = 8,75$) e P10S ($\text{pH} = 6,20$) referente respectivamente de 13 e 12 amostragens.

Rio Atibaia: a Tabela 11 e a Figura 10 mostram que o pH na época de chuva apresenta águas levemente mais alcalinas em relação ao Rio Jaguari.

Dentre as 103 amostragens o valor médio de pH foi de $(7,59 \pm 0,20)$ apresentando menor valor médio no período P9C ($\text{pH} = 7,43 \pm 0,22$) e P10C ($\text{pH} = 7,30 \pm 0,29$) e valores mínimos nos períodos P10C ($\text{pH} = 6,84$) e P11C ($\text{pH} = 6,99$) referente respectivamente de 9 e 10 amostragens e os valores máximos nos períodos P1C ($\text{pH} = 8,00$), P2C ($\text{pH} = 8,07$), P4C ($\text{pH} = 8,00$) e P11C ($\text{pH} = 8,0$) conforme apresentado na Tabela 11.

Por outro lado, na época seca, apresentou valor médio de pH $(7,62 \pm 0,21)$, e menor valor médio no período P9S ($\text{pH} = 7,30$), apresentando para os valores mínimos nos períodos de P5S ($\text{pH} = 6,93$) e P9S ($\text{pH} = 7,08$), referente respectivamente, a 12 e 13 amostragens, Tabela 11. A diminuição do valor de pH na época de seca, está relacionada ao menor aporte da poluição no rio.

Os valores máximos apresentados foram para os períodos P3S ($\text{pH} = 8,93$) e P8S ($\text{pH} = 8,37$) referente respectivamente a 9 e 13 amostragens. Quanto a este parâmetro os Rios Jaguari e Atibaia mantiveram-se em conformidade a Resolução CONAMA 357 para rios de Classe II.

O pH médio das águas de ambos os Rios, enquadram-se entre os valores descritos por Straub (1989), como sendo 6,2 a 8,4 para águas de rios. Águas de nascentes podem eventualmente apresentar valores de pH diferentes, como relata Palma-Silva (2007), em relação ao Rio Corumbataí, que varia de 5,61 a 6,46 da nascente até o município de Rio Claro / SP.

Tabela 11. Valores de pH de 200 coletas dos Rios Jaguari e Atibaia nas épocas de chuva e de seca, entre outubro de 2003 a março de 2015.

pH: PERÍODOS											
CHUVOSO							SECO				
	PER.*	MÉDIA	DP	MIN.	MAX.	D**	MÉDIA	DP	MIN.	MAX.	D**
R	P1	7,42	0,20	7,11	7,61	0/6	7,39	0,16	7,12	7,58	0/6
I	P2	7,60	0,16	7,36	7,90	0/12	7,52	0,15	7,21	7,73	0/10
O	P3	7,37	0,18	7,14	7,60	0/11	7,39	0,24	6,85	7,67	0/9
	P4	7,49	0,29	7,00	7,89	0/12	7,43	0,13	7,35	7,62	0/4
J	P5	7,48	0,15	7,32	7,72	0/8	7,33	0,21	6,83	7,58	0/12
A	P6	7,33	0,17	7,10	7,73	0/10	7,49	0,12	7,25	7,66	0/11
G	P7	7,47	0,18	7,17	7,74	0/8	7,72	0,22	7,53	8,09	0/7
U	P8	7,53	0,20	7,21	7,86	0/8	7,55	0,42	7,05	8,75	0/13
A	P9	7,09	0,34	6,52	7,58	0/9	7,09	0,31	6,77	7,83	0/13
R	P10	7,13	0,48	6,41	8,11	0/9	6,78	0,33	6,20	7,46	0/12
Í	P11	7,26	0,34	6,80	7,95	0/10	-	-	-	-	-
	Méd.total	7,38	0,25	7,01	7,79	0%#	7,37	0,23	7,02	7,80	0%#
	Desv.Padrão	0,16	0,10	0,31	0,17	-	0,26	0,10	0,38	0,38	-
R	P1	7,81	0,12	7,66	8,00	0/6	7,65	0,24	7,37	8,00	0/6
I	P2	7,86	0,12	7,68	8,07	0/12	7,66	0,12	7,43	7,83	0/10
O	P3	7,66	0,14	7,43	7,88	0/11	7,82	0,46	7,44	8,93	0/9
	P4	7,64	0,25	7,17	8,00	0/12	7,73	0,20	7,44	7,88	0/4
A	P5	7,61	0,17	7,40	7,90	0/8	7,50	0,27	6,93	7,76	0/12
T	P6	7,45	0,24	7,15	7,78	0/10	7,65	0,16	7,38	7,86	0/11
I	P7	7,71	0,15	7,51	7,94	0/8	7,80	0,09	7,68	7,89	0/7
B	P8	7,52	0,18	7,21	7,77	0/8	7,62	0,32	7,31	8,37	0/13
A	P9	7,43	0,22	7,06	7,77	0/9	7,30	0,15	7,08	7,60	0/13
I	P10	7,30	0,29	6,84	7,70	0/9	7,45	0,12	7,61	7,19	0/12
A	P11	7,54	0,28	6,99	8,00	0/10	-	-	-	-	-
	Méd.total	7,59	0,20	7,28	7,89	0%#	7,62	0,21	7,37	7,93	0%#
	Desv.Padrão	0,17	0,06	0,27	0,12	-	0,16	0,11	0,22	0,46	-

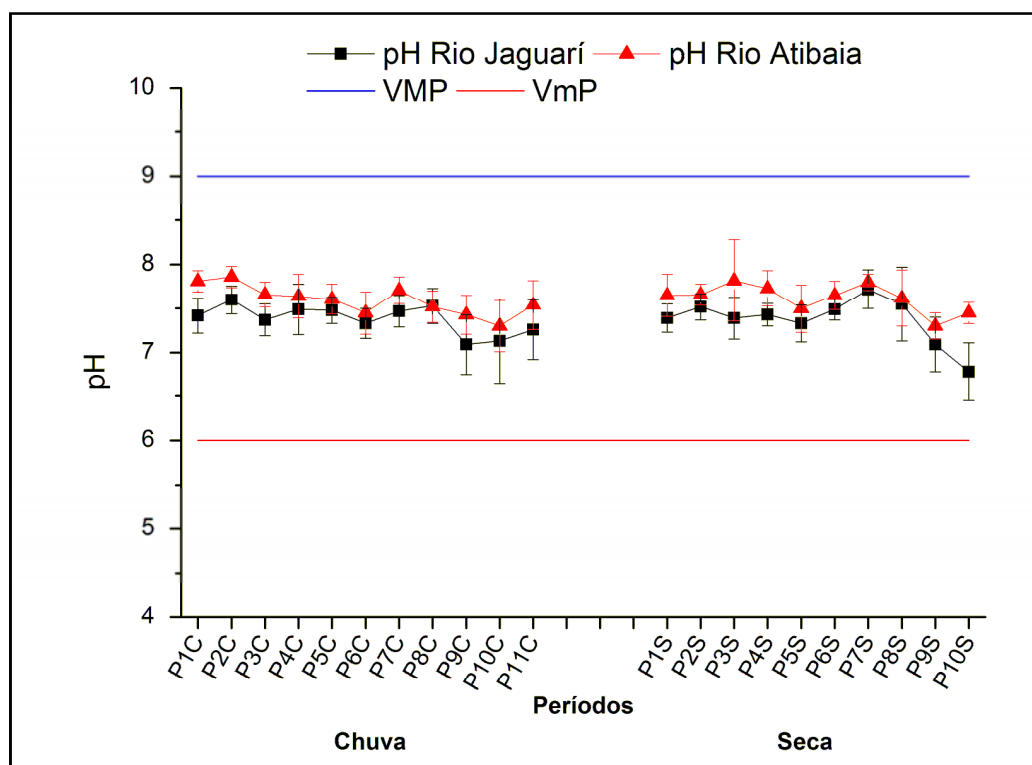
PER.* Períodos de amostragens.

D** - Número de amostras em desacordo com a Resolução CONAMA 357/2005, referente ao número de amostras analisadas.

- Valor percentual das amostras em desacordo.

Fonte: elaborado pelo autor.

Figura 10. Valores médios de pH dos Rios Jaguari e Atibaia nas épocas de chuva e de seca, de 200 coletas efetuadas entre outubro / 2003 a março / 2015 em relação ao valor mínimo permitido (VmP) e valor máximo permitido (VMP).



Fonte: elaborado pelo autor.

5.1.2 Oxigênio Dissolvido – (OD)

Na água dentre os gases dissolvidos o que tem maior importância para a vida aquática é o oxigênio (O_2), deste gás depende a manutenção de vida de todos os organismos aeróbios e têm papel importante na vida dos anaeróbios facultativos.

O oxigênio dissolvido na água é importante, pois participa do metabolismo microbiano na depuração das águas participando na biodegradação da matéria orgânica até CO_2 e água (PAUL et al., 1996).

Contudo, quando quantidades elevadas de matéria orgânica estão presentes nas águas, ocorre uma intensa diminuição do oxigênio e nesta situação os organismos aeróbios podem desaparecer isso conduz alterações na cadeia alimentar dos organismos de vida aquática.

A diminuição do OD está relacionado com o aumento de temperatura e com a elevação da velocidade das reações bioquímicas que fazem parte do metabolismo celular dos organismos vivos, provocando maior consumo de oxigênio pelo aumento das taxas de respiração (PORTO et al., 1991).

A diminuição do OD pode estar relacionada também com as perdas para a atmosfera ou pelo processo de nitrificação e oxidação de íons metálicos como ferro (Fe^{3+}) e manganês (Mn^{2+}) e teor de oxigênio atmosférico.

O teor mínimo de O_2 determinado pela Resolução CONAMA 357 é $5 \text{ mg O}_2\cdot\text{L}^{-1}$ para rios de classe II, como estão enquadrados os Rios Jaguari e Atibaia.

Rio Jaguari: na época de chuva o OD médio foi de $5,46\pm 1,32 \text{ mg O}_2\cdot\text{L}^{-1}$, o menor valor médio foi no período P11C de $2,01\pm 2,26 \text{ mg O}_2\cdot\text{L}^{-1}$ referente a 10 amostragens, valor médio este bastante crítico (Tabela 12 e a Figura 11).

O maior valor médio de OD foi ao período P2C de $7,19\pm 0,92 \text{ mg O}_2\cdot\text{L}^{-1}$, referente a 12 amostragens, apresentando ainda o menor e o maior valor no período P11C de $0,89 \text{ mg O}_2\cdot\text{L}^{-1}$ e em P2C de $9,50 \text{ mg O}_2\cdot\text{L}^{-1}$, referentes a 10 e 12 amostragens respectivamente. Além destes valores os períodos P3C; P4C; P5C; P6C; P8C; P9C e P10C apresentaram valores abaixo do recomendado pela legislação.

Das 103 amostragens efetuadas na época de chuva, 39 estavam com valores em desacordo com a legislação, representando 38% do tempo em que as águas estiveram em desacordo. Os valores máximos de OD apresentaram-se próximos da saturação das águas do rio Tabela 12.

Na época de seca, o valor médio de OD referente a 97 amostragens, foi $6,37\pm 1,34 \text{ mg O}_2\cdot\text{L}^{-1}$, em relação a época de chuva apresentou aumento de 16,66%, a menor média ocorreu no período P10S de $3,13\pm 2,02 \text{ mg O}_2\cdot\text{L}^{-1}$, referente a 12 amostragens, e a maior média no período P7S de $8,79\pm 1,45 \text{ mg O}_2\cdot\text{L}^{-1}$, referente a 7 amostragens.

Os valores de OD mínimos e máximos nesta época, foram respectivamente nos períodos P10S de $0,68 \text{ mg O}_2\cdot\text{L}^{-1}$ e P7 de $10,14 \text{ mg O}_2\cdot\text{L}^{-1}$, referente respectivamente em 12 e 7 amostragens. Na época de seca, as águas do Rio Jaguari permaneceram 18% do seu tempo em desacordo com a legislação para o parâmetro OD.

Rio Atibaia: a Tabela 12 e a Figura 11 mostram que na época de chuva em 103 amostragens o valor médio de OD foi de $5,31\pm 1,32 \text{ mg O}_2\cdot\text{L}^{-1}$, apresentando menor valor médio no período P11C de $1,27\pm 0,37 \text{ mg O}_2\cdot\text{L}^{-1}$, quanto a média das 10 amostragens na época de seca de P1S a P10S atingiu o valor médio de $5,72 \text{ mg O}_2\cdot\text{L}^{-1}$. O período P2S atingiu o valor máximo médio de $7,25\pm 1,05 \text{ mg O}_2\cdot\text{L}^{-1}$, sendo que nos períodos: P4S de $4,70\pm 2,47 \text{ mg O}_2\cdot\text{L}^{-1}$, P5S

de $3,50 \pm 0,58$ mg $O_2.L^{-1}$ e P6S de $4,74 \pm 1,00$ mg $O_2.L^{-1}$ apresentaram valores médios inferiores ao mínimo exigido pela Resolução CONAMA 357/2005 de 5 mg $O_2.L^{-1}$.

Na época de chuva o Rio Atibaia, nos períodos P3C; P4C; P5C; P6C; P7C; P8C; P9C; P10C e P11C, os valores mínimos de OD apresentaram abaixo de 3 mg $O_2.L^{-1}$, o período P4C apresentou o menor valor 0,34 mg $O_2.L^{-1}$, extremamente crítico em relação ao OD exigido pela legislação e P2C apresentou valor máximo de 9,90 mg $O_2.L^{-1}$, referente a 12 amostragens em ambos períodos, portanto comprometendo a biota eucariótica.

Considerando-se que na época de chuva o Rio Atibaia apresentou das 103 amostragens, 42 amostras em não conformidade com a Resolução CONAMA 357/2005, significando que 41% do tempo o rio apresentava-se com déficit de oxigênio nas suas águas. Por outro lado, na época de seca, houve um pequeno aumento médio de oxigênio dissolvido e que no período P10 estava em desacordo, porém não se apresentou em piores condições quanto ao OD em relação à época de chuva.

Das 97 amostragens na época de seca, o Rio Atibaia apresentou valor médio de $6,14 \pm 1,59$ mg $O_2.L^{-1}$, Tabela 12. O valor médio mínimo de OD detectado foi em P10S de 3,94 mg $O_2.L^{-1}$ e o valor médio máximo detectado foi em P7S de $7,83 \pm 1,30$ mg $O_2.L^{-1}$. O valor mínimo de OD detectado foi de 0,70 mg $O_2.L^{-1}$ no período P4S, referente a 4 amostragens e em P10S de 0,80 mg $O_2.L^{-1}$, relativos a 12 amostragens.

Quanto aos valores máximos de OD, no período P8S de 9,59 mg $O_2.L^{-1}$, referente a 13 amostragens e para P7S de 9,14 mg $O_2.L^{-1}$, relativos a 7 amostragens.

Na época de seca a Tabela 12 e a Figura 11, apresentam para o Rio Atibaia, das 97 amostragens, 20 amostras foram detectadas em desacordo com a legislação, representando 21% do tempo em que o rio apresentava-se com déficit de oxigênio nas suas águas. Os menores valores detectados de OD nas épocas de chuva e de seca estão relacionados em dias chuvosos, e que mesmo na época de seca as chuvas eventualmente ocorreram.

Os valores de OD detectados nos Rios Jaguari e Atibaia, nas épocas de chuva e de seca, induzem com frequência a mortandade também de outras formas de vida que não são apenas os peixes, comprometendo toda a manutenção da cadeia alimentar da biota aquática.

A mortandade de animais eucariotos de menor porte incluindo as formas larvais em especial as microscópicas que não são computadas se as mortandades dos peixes se tornam

visível, referente ao parâmetro de OD, os Rios Jaguari e Atibaia, na média total do período analisado, mantiveram-se em conformidade a Resolução CONAMA 357/2005 para rios de Classe II. Quanto a esta afirmação deve-se enfatizar que os Rios Jaguari e Atibaia estiveram com parte do tempo nas épocas de chuva e de seca em não conformidade, o que representa uma séria agressão à vida aquática.

Tabela 12. Valores médios de Oxigênio Dissolvido dos Rios Jaguari e Atibaia nas épocas de chuva e de seca de 200 coletas efetuadas entre outubro / 2003 a março / 2015.

		CHUVOSO					SECO				
	PER.*	MÉDIA	DP	MIN.	MAX.	D**	MÉDIA	DP	MIN.	MAX.	D**
R	P1	6,55	0,23	6,24	6,90	0/6	6,66	0,39	6,41	7,45	0/6
I	P2	7,19	0,92	6,10	9,50	0/12	7,19	0,81	5,90	8,70	0/10
O	P3	5,59	1,67	2,76	8,26	4/11	6,23	0,35	5,77	6,90	0/9
	P4	4,67	2,34	1,86	7,73	7/12	4,90	2,93	1,20	7,80	2/4
J	P5	3,48	0,62	2,54	4,42	8/8	7,29	1,54	3,21	8,95	1/12
A	P6	5,20	1,53	2,89	8,41	4/10	6,24	0,94	4,76	8,06	1/11
G	P7	6,91	0,73	5,35	7,73	0/8	8,79	1,45	6,50	10,14	0/7
U	P8	6,36	1,32	4,38	7,72	2/8	7,23	1,32	5,10	9,48	0/13
A	P9	6,40	1,28	4,85	8,58	1/9	6,06	1,69	2,64	8,58	3/13
R	P10	5,72	1,62	2,70	7,82	4/9	3,13	2,02	0,68	7,46	10/12
Í	P11	2,01	2,26	0,89	8,23	9/10	-	-	-	-	-
	Média	5,46	1,32	3,69	7,75	38%#	6,37	1,34	4,22	8,35	18%#
	Desv.Padrão	1,57	0,66	1,79	1,28	-	1,53	0,78	2,15	1,01	-
R	P1	5,58	1,37	3,00	6,50	1/6	5,53	1,78	2,80	7,65	2/6
I	P2	7,25	1,05	6,10	9,90	0/12	6,90	0,91	5,30	8,50	0/10
O	P3	5,32	1,89	2,69	9,36	7/11	6,24	0,50	5,10	6,80	0/9
	P4	4,70	2,47	0,34	7,34	6/12	4,43	3,18	0,70	7,94	2/4
A	P5	3,50	0,58	2,55	4,29	8/8	6,96	1,82	2,30	8,61	2/12
T	P6	4,74	1,00	2,89	6,03	6/10	6,09	0,69	4,74	7,40	1/11
I	P7	6,97	1,85	3,02	9,46	1/8	7,83	1,30	6,00	9,14	0/7
B	P8	6,22	1,33	4,40	7,99	1/8	7,31	1,54	4,83	9,59	1/13
A	P9	6,61	1,01	4,98	7,83	1/9	6,14	1,41	3,92	8,64	4/13
I	P10	6,27	1,62	2,47	7,85	1/9	3,94	2,72	0,80	8,34	8/12
A	P11	1,27	0,37	0,72	1,91	10/10	-	-	-	-	-
	Média	5,31	1,32	3,01	7,13	41%#	6,14	1,59	3,65	8,26	21%#
	Desv.Padrão	1,74	0,61	1,68	2,38	-	1,23	0,85	1,90	0,83	-

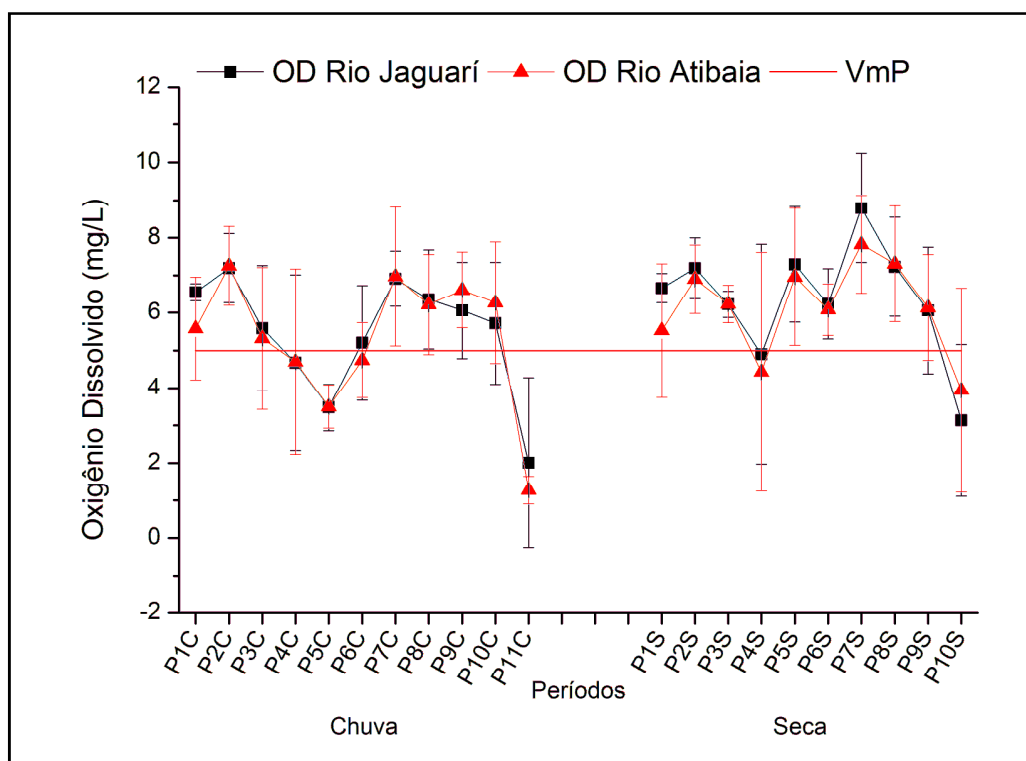
PER.* Períodos de amostragens.

D** - Número de amostras em desacordo com a Resolução CONAMA 357/2005, referente ao número de amostras analisadas.

- Valor percentual das amostras em desacordo.

Fonte: elaborado pelo autor.

Figura 11. Valores médios de Oxigênio Dissolvido dos Rios Jaguarí e Atibaia nas épocas de chuva e de seca de 200 coletas efetuadas entre outubro / 2003 a março / 2015, em relação ao valor mínimo permitido (VmP).



Fonte: elaborado pelo autor.

5.1.3 Demanda Bioquímica de Oxigênio – (DBO_{5,20°C})

O parâmetro DBO_{5,20°C} é utilizado mundialmente como forma de avaliar a presença de matéria biodegradável em águas. Tendo como referência a menor quantidade de OD na água no período de cinco dias a temperatura de 20°C.

A Resolução CONAMA 357/2005, refere-se como valor máximo de DBO_{5,20°C}, de 5 mg O₂.L⁻¹ para rios de Classe II. Este parâmetro implica em avaliar a presença de matéria orgânica biodegradável na água em que atinge os corpos hídricos mediante a entrada de efluentes industriais, esgotos urbanos mal tratados e de grande parcela da poluição difusa, que atinge as águas em especial nas épocas de chuva.

Rio Jaguarí: a Tabela 13 e a Figura 12, inserem os valores médios de DBO_{5,20°C}, detectados em 103 amostragens, referente a época de chuva do Rio Jaguarí de 10,04±4,28 mg O₂.L⁻¹.

Nos 11 períodos analisados das 103 amostragens na época de chuva, apenas os valores médios de $\text{DBO}_{5,20^{\circ}\text{C}}$ nos períodos P1C e P2C enquadraram-se na Resolução CONAMA 357/2005, com valores respectivamente de $2,34 \pm 0,10 \text{ mg O}_2 \cdot \text{L}^{-1}$ e de $2,13 \pm 1,27 \text{ mg O}_2 \cdot \text{L}^{-1}$.

Das 103 amostragens na época de chuva no Rio Jaguari, representado por 11 períodos analisados, 7 períodos apresentaram valores mínimos de $\text{DBO}_{5,20^{\circ}\text{C}}$ dentro da legislação, o menor valor registrado foi no período P2C de $0,52 \text{ mg O}_2 \cdot \text{L}^{-1}$, referente a 12 amostragens; e para valores máximos, dos 11 períodos analisados, 10 apresentaram-se em desacordo com a legislação, sendo que o maior valor detectado foi no período P3C de $33,87 \text{ mg O}_2 \cdot \text{L}^{-1}$, referente a 11 amostragens. Apenas no período P1C, foi registrado o valor médio de acordo com a legislação de $2,47 \text{ mg O}_2 \cdot \text{L}^{-1}$, referente a 6 amostragens.

O Rio Jaguari, na época de chuva, das 103 amostragens analisadas, 73 amostras não atenderam com valor máximo permitido pela Resolução CONAMA 357/2005 de DBO. Desta forma o Rio Jaguari permaneceu cerca de 70% do tempo da época chuvosa em desacordo com os valores adequados de DBO em suas águas.

Durante a época de seca, o Rio Jaguari apresentou-se conforme demonstrado na Figura 12 e na Tabela 13, valor médio de ($\text{DBO}_{5,20^{\circ}\text{C}} = 8,71 \pm 4,14 \text{ mg O}_2 \cdot \text{L}^{-1}$) valor este mais próximo da legislação em relação ao detectado no período chuvoso.

O Rio Jaguari na época de seca, das 97 amostragens representadas pelos 10 períodos analisados, em que houve uma melhora dos valores de DBO, os menores valores médios foram detectados nos períodos P1 ($\text{DBO}_{5,20^{\circ}\text{C}} = 2,35 \text{ mg O}_2 \cdot \text{L}^{-1}$) referente a 6 amostragens e P2 ($\text{DBO}_{5,20^{\circ}\text{C}} = 2,20 \text{ mg O}_2 \cdot \text{L}^{-1}$) referente a 10 amostragens.

Para os valores mínimos, nos 10 períodos, apenas no período P5 ($\text{DBO}_{5,20^{\circ}\text{C}} = 5,90 \text{ mg O}_2 \cdot \text{L}^{-1}$), referente a 12 amostragens apresentou-se em não conformidade com a legislação; para os valores máximos, dos 10 períodos analisados, 8 períodos apresentaram-se com valores em não conformidade a legislação.

A Tabela 13 e a Figura 12 mostram que na época da seca o período P8S teve o maior valor ($\text{DBO}_{5,20^{\circ}\text{C}} = 39,60 \text{ mg O}_2 \cdot \text{L}^{-1}$) referente a 13 amostragens, valor este representando cerca de 8 vezes maior de matéria orgânica biodegradável permitida pela legislação e que os valores de acordo com a legislação foram detectados nos períodos P1S e P2S ($\text{DBO}_{5,20^{\circ}\text{C}} = 4,15$ e $3,39 \text{ mg O}_2 \cdot \text{L}^{-1}$) referentes a 6 e 10 amostragens respectivamente.

Nesta época, o Rio Jaguari, das 97 amostras analisadas de DBO, 66 amostras apresentaram-se em não conformidade com a legislação CONAMA 357/2005. Desta forma o Rio permaneceu cerca de 68% do tempo em desacordo com os valores adequados de DBO em suas águas para rios de Classe II.

Durante os 10 anos dos períodos analisados, em média 70% do tempo o Rio Jaguari permaneceu fora da classificação de rios de Classe II em função da elevada carga orgânica biodegradável, representada na maior parte das vezes apenas parte da matéria orgânica presente biodegradável e que nestas mesmas águas a matéria oxidável remanescente muitas vezes detectada pela análise da Demanda Química de Oxigênio (DQO), valores estes muito superiores aos quantificados pelo parâmetro DBO. O valor de DQO não faz parte da Resolução CONAMA 357/2005, para avaliar a carga orgânica biodegradável na classificação da poluição das águas dos rios.

Rio Atibaia: a Tabela 13 e a Figura 12 mostram os valores médios de $DBO_{5,20^{\circ}C}$, analisados em 103 amostragens, representadas por 11 períodos referente a época de chuva de ($DBO_{5,20^{\circ}C} = 13,47 \pm 5,38 \text{ mg O}_2.L^{-1}$), valor este superior em cerca de 34% do valor médio detectado na mesma época para o Rio Jaguari.

Nos 11 períodos analisados, apenas no período P2C foi detectado valor médio de acordo com a legislação ($DBO_{5,20^{\circ}C} = 3,03 \pm 1,21 \text{ mg O}_2.L^{-1}$). Para os valores mínimos apenas nos períodos P2C ($DBO_{5,20^{\circ}C} = 1,25 \text{ mg O}_2.L^{-1}$), P4C ($DBO_{5,20^{\circ}C} = 4,72 \text{ mg O}_2.L^{-1}$) referente a 12 amostragens em ambos períodos e P9C ($DBO_{5,20^{\circ}C} = 1,10 \text{ mg O}_2.L^{-1}$) referente a 9 amostragens, apresentaram valores em conformidade com a legislação.

Para os valores máximos nesta época chuvosa, apenas o período P2C apresentou valor de acordo com a legislação de ($DBO_{5,20^{\circ}C} = 4,94 \text{ mg O}_2.L^{-1}$) referente a 12 amostragens. Das 103 amostragens na época de chuva, o Rio Atibaia apresentou 88 análises em desacordo com a Resolução CONAMA 357/2005, representando em média 85% do tempo em que o Rio Jaguari permaneceu fora da classificação de rios de Classe II, em função da elevada carga orgânica biodegradável.

Na época de seca, correspondente a 97 amostragens, representado por 10 períodos, o Rio Atibaia apresentou valor médio detectado de ($DBO_{5,20^{\circ}C} = 13,18 \pm 4,44 \text{ mg O}_2.L^{-1}$), valor este praticamente inalterado em relação a época de chuva.

A Tabela 13 e a Figura 12 mostram que na época de seca para os 10 períodos analisados, o período P2S apresentou valor médio de acordo com a legislação ($DBO_{5,20^{\circ}C} = 4,94 \pm 1,57 \text{ mg O}_2.L^{-1}$), valor este, próximo ao limite estabelecido pela Resolução CONAMA 357/2005.

Os valores de DBO mínimos detectados aceitáveis pela legislação nos 10 períodos da época de seca do Rio Atibaia os períodos foram em P1S de $3,50 \text{ mg O}_2.L^{-1}$ referente a 6 amostragens, P2S de $1,95 \text{ mg O}_2.L^{-1}$, referente a 10 amostragens, P4S de $4,11 \text{ mg O}_2.L^{-1}$ referente a 4 amostragens, P6S de $4,10 \text{ mg O}_2.L^{-1}$ referente a 11 amostragens e P9S de $3,10 \text{ mg O}_2.L^{-1}$ referente a 11 amostragens.

Para os valores máximos detectados, dos 10 períodos analisados, todos os períodos mantiveram-se em não conformidade com a Resolução CONAMA 357/2005.

A Tabela 13 e a Figura 12 demonstram que o Rio Atibaia tem piores condições de cargas orgânicas biodegradáveis em relação ao Rio Jaguari, e que ambos os Rios, apresentaram qualidades de águas inferiores aos exigidos pela legislação CONAMA 357/2005 para rios de Classe II.

Das 97 amostras analisadas na época de seca, o Rio Atibaia apresentou 82 amostras em desacordo com o valor máximo permitido de DBO pela legislação, representando cerca de 85% do tempo em que as águas do Rio Atibaia estiveram fora da classificação de rios de Classe II, em função da elevada carga orgânica biodegradável.

Paul e Clark (1996) descrevem como a presença de matéria orgânica frente à respiração microbiana consome o oxigênio e transforma a matéria orgânica em dióxido de carbono e água, quando há presença elevada suficientemente de oxigênio, representando um potencial de oxidação igual ou maior de 300 mV.

Tabela 13. Valores médios da DBO dos Rios Jaguari e Atibaia nas épocas de chuva e de seca das 200 coletas efetuadas entre outubro / 2003 a março / 2015.

Demanda Bioquímica de Oxigênio (mg.L ⁻¹): PERÍODOS											
CHUVOSO							SECO				
	PER.*	MÉDIA	DP	MIN.	MAX.	D**	MÉDIA	DP	MIN.	MAX.	D**
R	P1	2,34	0,10	2,22	2,47	0/6	2,35	1,27	0,62	4,15	0/6
I	P2	2,13	1,27	0,52	5,14	1/12	2,20	0,97	0,25	3,39	0/10
O	P3	17,36	6,34	11,20	33,87	11/11	13,55	6,82	4,08	27,17	8/9
	P4	11,54	3,91	4,49	18,62	11/12	6,26	3,18	3,33	10,43	2/4
J	P5	14,35	6,13	8,20	26,00	8/8	11,40	3,76	5,90	18,78	12/12
A	P6	8,52	5,58	2,00	16,80	7/10	6,86	2,72	3,80	13,70	9/11
G	P7	9,55	4,71	2,99	18,20	1/8	7,21	2,75	3,90	12,20	1/7
U	P8	13,15	7,29	4,60	23,80	8/8	13,85	8,86	5,00	39,60	12/13
A	P9	6,25	4,45	1,90	15,20	5/9	13,08	7,60	3,30	30,70	12/13
R	P10	10,56	4,09	5,10	19,00	9/9	10,33	3,46	3,10	14,00	10/12
Í	P11	14,72	3,21	10,30	19,10	12/10	-	-	-	-	-
	Média	10,04	4,28	4,87	18,02	71%#	8,71	4,14	3,33	17,41	68%#
	Desv.Padrão	4,95	2,15	3,57	8,76	-	4,39	2,69	1,74	11,74	-
R	P1	6,04	0,56	5,19	6,81	6/6	5,82	1,26	3,50	6,96	5/6
I	P2	3,03	1,21	1,25	4,94	0/12	4,94	1,57	1,95	7,93	8/10
O	P3	28,33	7,04	19,53	41,51	11/11	26,94	4,72	18,37	36,00	9/9
	P4	12,74	5,01	4,72	22,35	11/12	8,05	2,94	4,11	10,34	3/4
A	P5	14,07	3,30	8,40	18,20	8/8	17,96	7,39	8,00	27,60	12/12
T	P6	12,28	3,23	7,00	15,70	10/10	12,03	4,03	4,10	17,00	1/11
I	P7	20,14	17,42	8,70	61,00	8/8	14,29	6,99	7,30	26,20	7/7
B	P8	12,99	4,85	7,70	19,40	8/8	12,62	4,29	7,50	23,90	13/13
A	P9	9,05	6,54	1,10	19,80	7/9	11,77	5,36	3,10	23,90	12/13
I	P10	12,47	3,08	7,50	17,00	9/9	17,40	5,89	11,70	32,90	12/12
A	P11	17,01	6,91	6,00	30,00	10/10	-	-	-	-	-
	Média	13,47	5,38	7,01	23,34	85%#	13,18	4,44	6,96	21,27	85%#
	Desv.Padrão	6,82	4,55	4,90	16,00	-	6,52	2,08	4,97	10,28	-

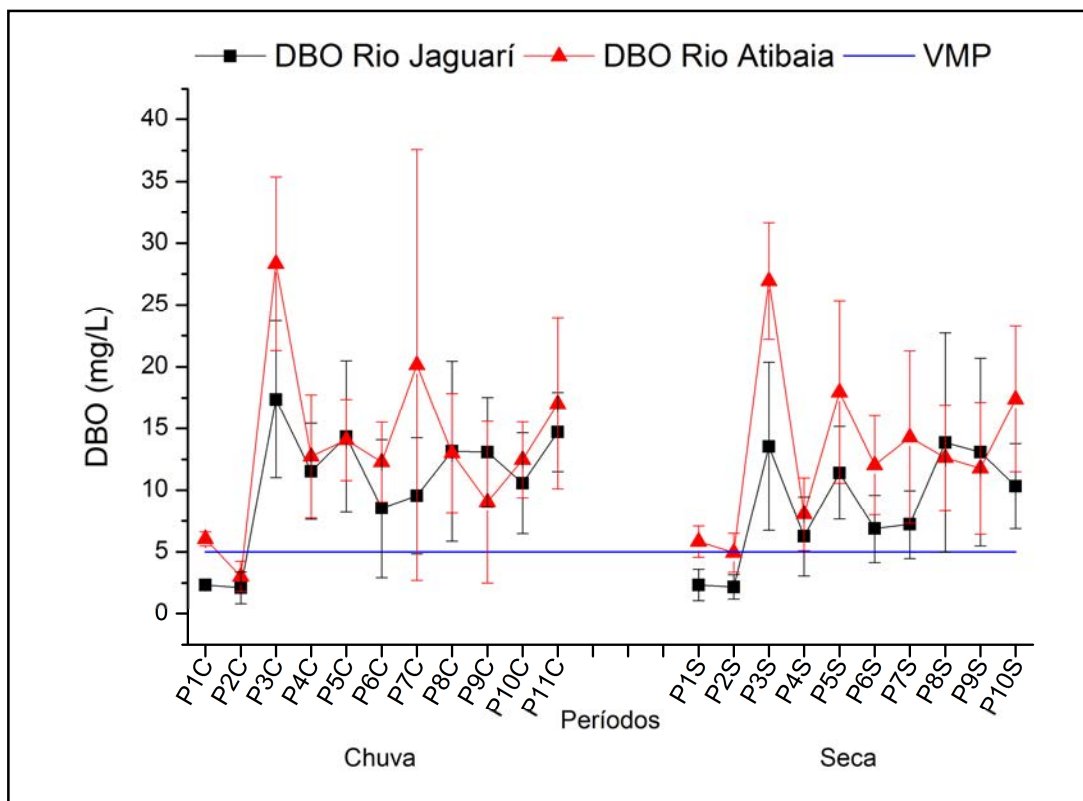
PER.* Períodos de amostragens.

D** - Número de amostras em desacordo com a Resolução CONAMA 357/2005, referente ao número de amostras analisadas.

- Valor percentual das amostras em desacordo.

Fonte: elaborado pelo autor.

Figura 12. Valores médios da DBO dos Rios Jaguari e Atibaia nas épocas de chuva e de seca de 200 coletas efetuadas entre outubro / 2003 a março / 2015, em relação ao valor máximo permitido (VMP).



Fonte: elaborado pelo autor.

5.1.4 *Escherichia coli* – (*E. coli*)

As águas dos rios apresentam certa quantidade de bactérias autotróficas e heterotróficas. As bactérias heterotróficas que são provenientes do trato intestinal de animais de sangue quente, que são incluídas frequentemente pela ação antrópica e causam com frequência contaminação das águas. Dentre destas bactérias, destaca-se o grupo Coliforme. Este grupo está atualmente caracterizado como bactérias coliformes totais e com ênfase a um grupo denominado bactérias termotolerantes (BT - *E. coli*).

Quanto mais próximo estiver o contato de animais de sangue quente, maior a probabilidade de contaminação de águas por BT. Rios que percorrem longas extensões como os Rios Jaguari e Atibaia, em seus percursos recebem todo tipo de dejetos, assim como: efluentes industriais, esgotos urbanos, resíduos provenientes de confinamento de animais, e ainda de resíduos denominados poluição difusa, muitas vezes vindos de campos que abrigam animais, que trazem consigo razoável carga bacteriana.

Contudo, a Resolução CONAMA 357/2005, se reporta à quantidade de 1000 NMP/100mL de bactérias termotolerantes em 80% de seis amostragens / ano / bimestral, para rios de Classe II.

Para avaliação da qualidade da água a presença de BT (NMP/100mL), tem grande importância, pois embora a *E. coli*, não seja patogênica, ela é considerada mundialmente como referência de água contaminada e é proveniente de resíduos fecais de animais de sangue quente. A presença de BT indica a existência de resíduos fecais que podem transportar bactérias patogênicas, destacando-se as enterobactérias.

As BT são encontradas em maiores quantidades nos esgotos urbanos que quando não adequadamente tratados as conduzem para os rios onde são dispersas.

A Tabela 14 e a Figura 13 mostram os valores de *E. coli* dos Rios Jaguari e Atibaia quantificados em épocas de chuva e de seca, em 200 amostras, sendo 103 coletas efetuadas na época de chuva e 97 coletas efetuadas na época de seca.

Rio Jaguari: na época de chuva apresentou altas variações nas contagens de coliformes (*E. coli*), isto se deve provavelmente a descargas ou entradas de enxurradas, quando ocorrem chuvas intensas.

Nesta época de chuva foram detectadas três amostragens nos períodos P1C; P6C e P7C com valores acima de 10.000 NMP/100mL que alteram a média geral da época de chuva que foi de 9.321 NMP/100mL, considerando-se os valores mínimos nesta época de chuva nos períodos P2C e P8C estiveram com valores entre 1.000 e 2.000 bactérias/100mL, sendo que a média mínima das contagens foi de 562 NMP/100mL. Por outro lado, quando se considera os valores médios máximos de *E. coli*, as variações foram consideravelmente maiores, atingindo no período P6C, o número máximo de 160.000 NMP/100mL, e a média máxima geral de 38.182 NMP/100mL.

Quando se reporta aos valores máximos permitidos, verifica-se que em 63 amostras da época de chuva apresentaram-se em não conformidade, representando 61% do tempo em que as águas do Rio Jaguari permaneceram bacteriologicamente comprometidas com a Resolução CONAMA 357/2005 para águas de rios de Classe II.

Considerando-se na época de seca, as variações de *E. coli* no Rio Jaguari, foram menos expressivas, apresentando o valor médio de 3.011 NMP/100mL, esta relativa estabilidade

refletiu-se nos valores mínimos cuja média foi de 145 NMP/100mL. Contudo, para a época de seca, o valor máximo detectado foi de 32.153 NMP/100mL no período P8S, obtendo como média geral de 11.811 NMP/100mL.

O Rio Jaguari, na época de seca apresentou em melhores condições em relação à época de chuva, quanto à contagem de *E. coli*, das 97 amostragens, 44 apresentaram em não conformidade com a legislação, representando cerca de 45% do tempo em que as águas permaneceram em não conformidade com a legislação.

A Tabela 14 e a Figura 13 demonstram que os valores de *E. coli* do Rio Jaguari apresentaram-se 16% menor referente aos valores obtidos em não conformidade, em relação a época de chuva.

Rio Atibaia: na época de chuva apresentou valor médio de *E. coli* no período P6C próximo a 200.000 NMP/100mL, e para os períodos analisados P1C; P2C e P3C os valores detectados de *E. coli* foram maiores de 300.000 NMP/100mL, obtendo uma média geral de 96.191 NMP/100mL, representando uma contaminação expressiva aproximadamente cerca de 931% maior em relação ao Rio Jaguari nesta mesma época.

O valor mínimo médio detectado na época de chuva foi de 1.891 NMP/100mL, uma contaminação aproximadamente cerca de 236% maior em relação ao Rio Jaguari na mesma época.

A Tabela 14 e a Figura 13 apresentam valores máximos de *E. coli* no Rio Atibaia na época de chuva, nos períodos P2C; P3C e P6C respectivamente de $1,6 \times 10^6$; $1,6 \times 10^6$ e $1,5 \times 10^6$ (NMP/100mL), obtendo um valor máximo geral de 471.311 NMP/100mL, representando uma contaminação aproximadamente cerca de 1.134% maior ao obtido no Rio Jaguari nesta época. Considerando o valor máximo permitido (VPM) contemplado pela Resolução CONAMA 357/2005.

Das 103 coletas realizadas na época de chuva no Rio Atibaia, 85 coletas estiveram em não conformidade com a legislação, representando 83% do tempo em que as águas do Rio Atibaia permaneceram bacteriologicamente comprometidas com a Resolução CONAMA 357/2005 para águas de rios de Classe II.

Apenas 17% do tempo durante os 10 anos de monitoramento as águas do Rio Atibaia apresentaram em conformidade com a legislação quanto o parâmetro *E. coli*.

O Rio Atibaia percorre uma área com maior densidade populacional e recebe maior quantidade de esgotos e efluentes da região a montante do município de Paulínia/SP.

Na época de seca, em que as descargas difusas são menos intensas os períodos P1S, P2S e P3S apresentaram valores de *E. coli* (NMP/100mL) respectivamente de $2,59 \times 10^5$; $2,26 \times 10^5$ e $2,49 \times 10^5$, obtendo uma média geral no período total analisado de *E. coli* de 84.570 NMP/100mL.

Nesta época teve as suas contagens de *E. coli* mínimos de 2.214 NMP/100mL, por outro lado as avaliações máximas de *E. coli* nos períodos P1S; P2S e P3S atingiram valores de *E. coli* (NMP/100mL) respectivamente de $1,2 \times 10^6$; $1,6 \times 10^6$ e $1,6 \times 10^6$, obtendo uma média máxima geral de *E. coli* de 499.835 NMP/100mL, representando uma contaminação cerca de 4.131% maior em relação ao Rio Jaguari neste período.

Das 97 coletas na época de seca do Rio Atibaia, para análise de *E. coli*, 74 análises foram detectadas em não conformidade com a legislação, representando um total de 76% do tempo em que as águas do Rio Atibaia estiveram em não conformidade com a legislação.

O Rio Jaguari na época de seca, foi melhor preservado quanto a poluição difusa quando o número de *E. coli* diminuiu consideravelmente. Por outro lado, o Rio Atibaia pelo índice de contaminação na época de chuva quando comparado à época de seca, indica que a poluição difusa não é o fator preponderante na presença de *E. coli* nas águas, conforme apresentado na Tabela 14 e na Figura 13.

Diante destas informações, o tratamento secundário das ETE's não supre as necessidades, sendo necessário incluir o tratamento terciário, embora que na Tabela 14 e a Figura 13 indiquem que os recentes investimentos em saneamento na região promoveram decaimento do índice de *E. coli*.

Tabela 14. Valores médios da contagem de *Escherichia coli* – (*E. coli*), dos Rios Jaguari e Atibaia nas épocas de chuva e de seca de 200 coletas efetuadas entre outubro / 2003 a março / 2015.

<i>Escherichia coli</i> (NMP/100mL): PERÍODOS											
CHUVOSO							SECO				
	PER.*	MÉDIA	DP	MIN.	MAX.	D**	MÉDIA	DP	MIN.	MAX.	D**
R	P1	45560	51218	510	127400	4/6	3182	5100	120	13500	4/6
I	P2	4333	3725	2000	13000	12/12	8920	11649	200	30000	9/10
O	P3	785	1212	200	4100	3/11	1057	2286	140	7100	2/9
	P4	2633	4360	200	14000	4/12	155	57	80	200	0/4
J	P5	2825	2885	200	7000	5/8	345	521	140	2000	1/12
A	P6	22330	49321	100	160000	6/10	4667	7325	200	24000	6/11
G	P7	10965	18726	496	50000	4/8	2787	1998	166	5666	5/7
U	P8	7252	9177	1460	29696	8/8	7462	11021	100	32153	10/13
A	P9	1279	1071	576	3663	6/9	1279	1089	200	2716	7/13
R	P10	1109	632	236	2490	4/9	258	188	100	776	0/12
Í	P11	3457	2789	200	8650	7/10	-	-	-	-	-
	Média	9321	13192	562	38182	61%#	3011	4124	145	11811	45%#
	Desv.Padrão	13567	19048	610	54499	-	3113	4441	45	12435	-
R	P1	137672	107920	4300	259500	6/6	259257	468749	400	1198630	5/6
I	P2	329167	478328	4000	1600000	12/12	226500	488356	13000	1600000	10/10
O	P3	304846	466283	4000	1600000	11/11	248967	512501	1700	1600000	9/9
	P4	2813	4020	100	13000	6/12	15650	14261	3300	28000	4/4
A	P5	64913	78983	3000	160000	8/8	14523	45871	110	160000	4/12
T	P6	199400	466683	2000	1500000	10/10	36745	82138	400	280000	8/11
I	P7	9658	10838	466	33733	7/8	23141	21090	1496	52333	7/7
B	P8	983	285	680	1633	3/8	5334	8558	100	20496	6/13
A	P9	2870	1536	893	4990	7/9	10189	12200	1131	31654	13/13
I	P10	2064	717	1160	3603	9/9	5392	7809	500	27233	8/12
A	P11	3714	2941	200	7960	6/10	-	-	-	-	-
	Média	96191	147139	1891	471311	83%#	84570	166153	2214	499835	76%#
	Desv.Padrão	127498	210687	1644	708582	-	111297	224744	3914	680527	-

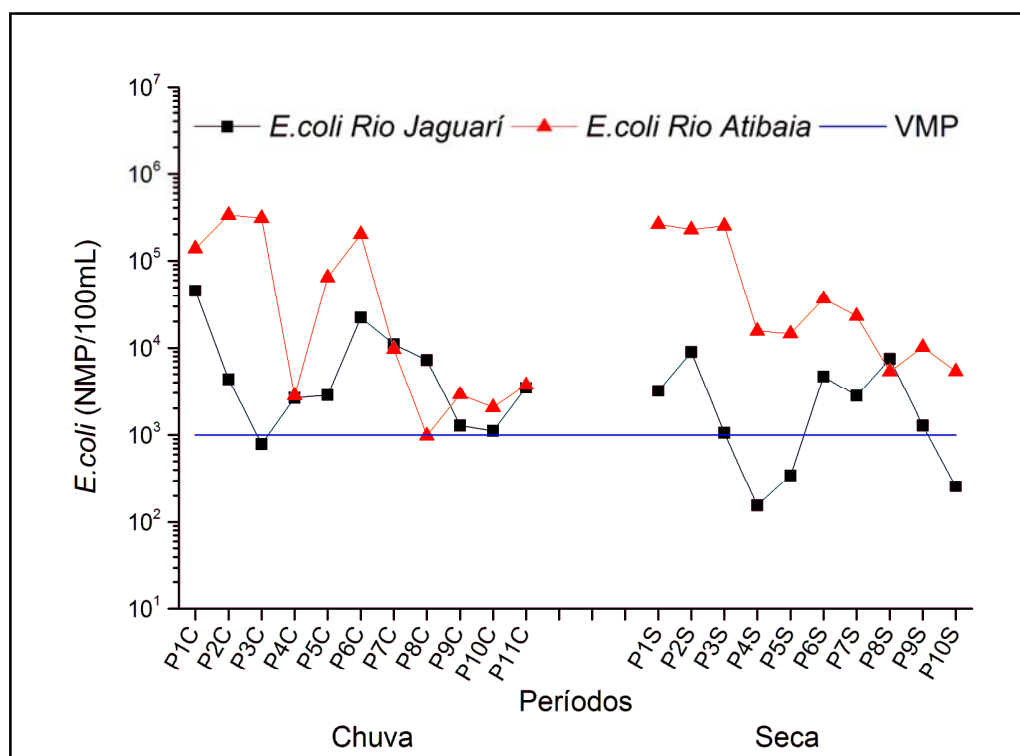
PER.* Períodos de amostragens.

D** - Número de amostras em desacordo com CONAMA 357, referente ao número de amostras analisadas.

- Valor percentual das amostras em desacordo.

Fonte: elaborado pelo autor.

Figura 13. Valores médios de *Escherichia coli* – (*E. coli*), dos Rios Jaguari e Atibaia nas épocas de chuva e de seca de 200 coletas efetuadas entre outubro / 2003 a março / 2015, em relação ao valor máximo permitido (VMP).



Fonte: elaborado pelo autor.

5.1.5 Nitrogênio total – (Nt)

Nitrogênio total para fins de cálculos do IQA envolve desde as formas mais instáveis como amônia (NH_3^+) e nitrito (NO_2^-) assim como a forma mais estável de nitrato (NO_3^-). Esta cadeia de estabilidade do nitrogênio permite algumas considerações, a amônia com frequência se reporta à poluição protéica recente com frequência presente nos esgotos urbanos não convenientemente tratados. A amônia na presença de certa quantidade de oxigênio é oxidada para nitrito que em condições de efetiva oxidação a amônia é transformada em nitrato.

Os compostos nitrogenados quando detectados nas águas dos rios permite também incluir entradas por arraste de resíduos mediante a poluição difusa das adubações químicas para as águas. Entretanto, a adubação química do solo com nitrato pode ser discutida também, quando em épocas de chuva o nitrato pode transformar-se em nitrogênio pelas bactérias nitróssomonas. A concentração Nt em ambientes lóticos não deve ser superior a $2,18 \text{ mg.L}^{-1}$, CONAMA 357/2005.

Rio Jaguari: na época de chuva a Tabela 15 e a Figura 14, das 103 amostragens representadas por 11 períodos analisados, apresentam valor médio geral de $2,29 \pm 1,13 \text{ mg.L}^{-1}$ este recomendado pela Resolução CONAMA 357/2005.

O teor mínimo de Nt detectado no Rio Jaguari na época de chuva foi de $0,34 \text{ mg.L}^{-1}$ nos períodos P1C e P9C, referente a 6 e 9 amostragens respectivamente, o valor médio mínimo registrado foi de $0,94 \text{ mg.L}^{-1}$.

Quanto aos valores máximos obtidos, dos 11 períodos analisados, apenas no período P11C com a quantidade de $12,68 \text{ mg.L}^{-1}$ referente a 10 amostragens, apresentou-se acima da média das 103 amostras com valor de $4,34 \text{ mg.L}^{-1}$.

Na época de seca do Rio Jaguari, quantificou-se o valor médio geral de $2,98 \pm 0,86 \text{ mg.L}^{-1}$, sendo que no período P10S apresentou o valor médio máximo foi de $4,80 \text{ mg.L}^{-1}$ referente a 12 amostragens. Quanto ao valor mínimo médio na época de seca, foi de $1,71 \text{ mg.L}^{-1}$, demonstrando um aumento médio mínimo cerca de 82% maior em relação a média mínima da época de chuva. O menor valor médio mínimo neste período foi de $0,36 \text{ mg.L}^{-1}$, detectado no período P9S, referente a 13 amostragens (Tabela 15 e a Figura 14).

Quanto aos valores máximos, a média das 97 amostragens na época de seca foi de $4,49 \text{ mg.L}^{-1}$, apenas no período P10S com valor de $8,71 \text{ mg.L}^{-1}$ referente a 12 amostragens, apresentou valor acima da média das 97 amostras.

Rio Atibaia: na época de chuva, os primeiros 10 períodos analisados apresentaram para Nt a média geral de $3,68 \pm 1,38 \text{ mg.L}^{-1}$, entretanto no período P11C foi detectado um valor de $25,24 \text{ mg.L}^{-1}$, referente a 10 amostragens, valor este elevando a média geral na época para $5,64 \pm 4,18 \text{ mg.L}^{-1}$. Os elevados resultados encontrados no período P11C comprometeram de forma muito severa a qualidade da vida aquática.

A média dos valores mínimos encontrados nesta época foi de $1,16 \text{ mg.L}^{-1}$, apresentando o maior valor no período P8C correspondente a $3,10 \text{ mg.L}^{-1}$ referente a 8 amostragens.

Quanto ao valor médio máximos de Nt, a Tabela 15 e a Figura 14 apresentam $13,24 \text{ mg.L}^{-1}$, sendo que nos períodos P4C; P7C e P8C apresentaram valores no intervalo de $10,50$ a $15,29 \text{ mg.L}^{-1}$ e para o período P11C de $68,21 \text{ mg.L}^{-1}$, valor este extremamente acima da média determinada nos primeiros 10 períodos sendo de $7,74 \pm 3,16 \text{ mg.L}^{-1}$.

Considerando que o período P11C embora esteja contemplado na época de chuva, coincidiu com uma severa estiagem, apresentando dias de intensas chuvas, carreando para os rios uma forte poluição considerada como difusa.

Entre os períodos P1C e P11C houve 12 amostragens representando 12,5% do tempo em que as águas do Rio Atibaia permaneceram em não conformidade. Especialmente o período P11, os valores médios registrados são muito altos de $24,24 \text{ mg.L}^{-1}$.

O Rio Atibaia na época de seca, apresentou valor médio Nt nos primeiros 9 períodos de $5,18 \pm 1,81 \text{ mg.L}^{-1}$, contudo as quantificações encontradas no período P10 correspondem a $13,55 \text{ mg.L}^{-1}$ referente a 12 amostragens. Neste período, a média geral elevou-se para $6,01 \pm 2,94 \text{ mg.L}^{-1}$, promovendo aumento de 16% no valor geral deste parâmetro.

Quanto aos valores mínimos para Nt a média geral foi de $2,63 \text{ mg.L}^{-1}$, e para os valores máximos a média determinada entre os períodos de P1S a P9S foi de $8,85 \pm 4,65 \text{ mg.L}^{-1}$. O valor de Nt detectado no período P10S foi de $41,73 \text{ mg.L}^{-1}$ referente a 12 amostragens a média geral elevou-se para $12,14 \text{ mg.L}^{-1}$ promovendo aumento cerca de 37% no valor geral nesta época.

O Rio Atibaia, na época de seca conforme apresentado na Tabela 15 e na Figura 14 refere-se a 97 coletas, representando 10 períodos. No período P8 e P10 o Nt médio foi de 20,41 e $41,73 \text{ mg.L}^{-1}$ referentes a 13 e 12 amostragens respectivamente. Estes valores apresentam-se acima da média geral, do total das 97 análises de Nt efetuadas.

Detectou-se que 11 análises apresentaram em não conformidade quanto ao Nt, representando 11% do tempo em que as águas não estiveram de acordo com a legislação. O Rio Atibaia comparado ao Rio Jaguari, referente às determinações de Nt, apresenta situação crítica, considerando-se o tempo em que o Rio Atibaia permaneceu em desacordo com a legislação.

Em função da variação do valor de pH, a amônia torna-se mais tóxica para a vida aquática em pH mais alcalino, a tolerância de nitrogênio amoniacal para pH menor de 8,0 é de $1,0 \text{ mg.L}^{-1}$, e maior de 8,5 é de $0,5 \text{ mg.L}^{-1}$, Resolução CONAMA 357/2005.

As quantidades mais elevadas de Nt dos Rios Jaguari ocorridos nos períodos P10C; P11C e P9S e P10S coincidiram com a forte estiagem da região Figura 14.

Tabela 15. Valores médios de Nitrogênio total (Nt), dos Rios Jaguari e Atibaia nas épocas de chuva e de seca de 200 coletas efetuadas entre outubro / 2003 a março / 2015.

Nitrogênio total (mg.L ⁻¹): PERÍODOS											
CHUVOSO							SECO				
	PER.*	MÉDIA	DP	MIN.	MAX.	D**	MÉDIA	DP	MIN.	MAX.	D**
R	P1	1,69	0,97	0,34	2,95	0/6	2,45	0,51	1,98	3,40	0/6
I	P2	1,86	0,91	0,51	3,19	0/12	2,15	0,78	0,65	3,45	0/10
O	P3	2,37	0,95	0,75	3,83	0/11	3,51	0,63	2,87	4,96	0/9
	P4	2,59	0,96	1,16	4,37	0/12	3,92	1,00	2,70	5,14	0/4
J	P5	2,40	1,36	0,92	4,30	0/8	3,72	0,83	2,54	5,25	0/12
A	P6	1,56	0,77	0,71	3,03	0/10	2,77	0,66	1,47	3,78	0/11
G	P7	2,66	0,75	1,56	3,68	0/8	2,41	0,73	1,27	3,45	0/7
U	P8	1,58	1,03	0,48	2,90	0/8	1,94	0,70	0,98	3,39	0/13
A	P9	1,81	1,06	0,34	3,09	0/9	2,16	0,86	0,36	3,41	0/13
R	P10	2,85	0,44	2,18	3,68	0/9	4,80	1,92	2,31	8,71	0/12
Í	P11	3,77	3,21	1,37	12,68	1/10	-	-	-	-	-
	Média	2,29	1,13	0,94	4,34	1%#	2,98	0,86	1,71	4,49	0%#
	Desv.Padrão	0,67	0,73	0,58	2,82	-	0,95	0,40	0,89	1,67	-
R	P1	3,40	1,40	1,16	4,87	0/6	3,98	1,57	2,32	6,79	0/6
I	P2	2,31	1,85	0,02	5,05	0/12	4,38	1,23	2,03	6,52	0/10
O	P3	4,08	2,21	1,07	8,11	0/11	5,69	1,76	2,68	8,67	0/9
	P4	3,80	2,46	0,83	10,50	0/12	6,67	1,71	5,00	8,71	0/4
A	P5	3,35	2,62	0,65	7,10	0/8	5,72	2,10	2,48	9,85	0/12
T	P6	2,55	1,71	0,00	4,85	0/10	3,14	0,75	2,09	4,59	0/11
I	P7	5,35	2,42	3,00	11,07	1/8	3,59	1,21	2,03	5,56	0/7
B	P8	6,62	3,79	3,10	15,29	1/8	8,96	5,25	2,60	20,41	5/13
A	P9	2,22	1,03	0,55	3,67	0/9	4,45	2,36	2,01	8,57	0/13
I	P10	3,16	1,59	1,46	6,87	0/9	13,55	11,42	3,01	41,73	6/12
A	P11	25,24	24,89	0,92	68,21	9/10	-	-	-	-	-
	Média	5,64	4,18	1,16	13,24	11%#	6,01	2,94	2,63	12,14	11%#
	Desv.Padrão	6,63	6,91	1,03	18,55	-	3,15	3,23	0,90	11,29	-

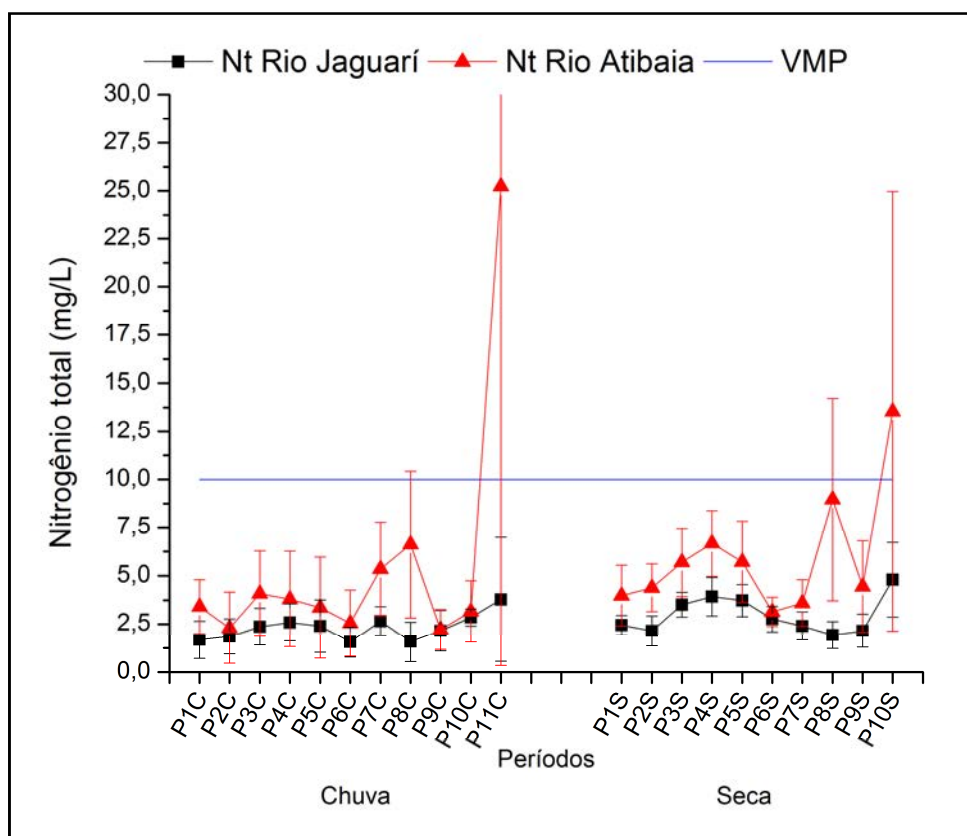
PER.* Períodos de amostragens.

D** - Número de amostras em desacordo com a Resolução CONAMA 357/2005, referente ao número de amostras analisadas.

- Valor percentual das amostras em desacordo.

Fonte: elaborado pelo autor.

Figura 14. Valores médios de Nitrogênio total (Nt), dos Rios Jaguarí e Atibaia nas épocas de chuva e de seca de 200 coletas efetuadas entre outubro / 2003 a março / 2015 em relação ao valor máximo permitido (VMP).



Fonte: elaborado pelo autor.

5.1.6 Fósforo total – (Ft)

O Fósforo constitui um elemento químico importante na biossíntese celular uma vez que integra as moléculas responsáveis pelas cargas genéticas e de transferência de energia.

Segundo a legislação CONAMA 357/2005, a quantidade de Fósforo total permitida em águas de rio de Classe II é de $0,030 \text{ mg.L}^{-1}$ para ambientes lênticos e de $0,100 \text{ mg.L}^{-1}$ para ambientes lóticos.

O Fósforo presente nas águas dos rios pode advir de dissoluções de rochas, degradação de matéria orgânica, introdução de substâncias ricas em fosfato como detergentes e fertilizantes minerais entre outros. A presença de Fósforo juntamente com nitrogênio, são os principais responsáveis pelo desenvolvimento de organismos autotróficos fotossintetizantes em especial as cianobactérias e algas.

Rio Jaguari: na época de chuva, conforme apresentado na Tabela 16 e na Figura 15, em 103 coletas, representado por 11 períodos, o Ft foi quantificado o valor médio de $0,248 \pm 0,139 \text{ mg.L}^{-1}$, apresentando concentração acima do valor máximo permitido (VMP) pela legislação.

De acordo com a Tabela 16 e a Figura 15, na época de chuva, os valores mínimos Ft detectados, foram no período P5C de $0,039 \text{ mg.L}^{-1}$, P7C $0,010 \text{ mg.L}^{-1}$ e P9C $0,008 \text{ mg.L}^{-1}$ de Ft, estes contemplam a legislação. Avaliando-se os valores máximos de Ft obtidos nesta época, a média geral foi de $0,505 \text{ mg.L}^{-1}$, sendo que no período P5C encontrou-se $1,360 \text{ mg.L}^{-1}$, referente a 8 amostragens.

O Rio Jaguari, das 103 coletas no período chuvoso, 98 análises de Ft apresentaram acima do VMP pela legislação, representando 95% do tempo em que as águas do Rio Jaguari permaneceram com teores em desacordo com a legislação. Portanto, valores obtidos de Ft somados com teores agregados de nitrogênio total, apresentam condições e potencial de desenvolvimento de eutrofização.

Quanto a época de seca, no Rio Jaguari a média geral de Ft referente a 97 coletas, representado por 10 períodos foi de $0,181 \pm 0,078 \text{ mg.L}^{-1}$, apresentando valor inferior cerca de 38% referente a época de chuva.

O valor médio mínimo na época de seca foi de $0,084 \pm 0,078 \text{ mg.L}^{-1}$, representando cerca de 30% menor ao valor correspondente a época de chuva. Já o valor mínimo de Ft detectado no período foi em ambos os períodos P2S e P6S de $0,010 \text{ mg.L}^{-1}$ referente a 10 e 11 amostragens respectivamente.

O valor máximo médio geral detectado de Ft na época de seca foi de $0,308 \text{ mg.L}^{-1}$, valor este inferior cerca de 39% em relação a época de chuva.

Quanto ao valor médio de Ft detectado na época de estiagem, das 97 coletas, 91 análises apresentaram-se acima do VMP pela legislação, representando 94% do tempo em que as águas do Rio Jaguari permaneceram em desacordo com a legislação.

Os períodos P1; P2; P3; P5; P7 e P8, tanto na época de chuva quanto a de seca, indicam forte contaminação com Ft, e pela apresentação da Tabela 16 e da Figura 15, conclui-se que os teores no Rio Jaguari na época de chuva, parte daquele quantificado pode ser proveniente da poluição difusa, porém a maior parte origina-se das áreas urbanas.

Rio Atibaia: na época de chuva apresentou valor médio geral de Ft foi de $0,216 \pm 0,146 \text{ mg.L}^{-1}$, valor este próximo aos encontrados na mesma época do Rio Jaguari, entretanto, a média dos valores mínimos encontrados nas 103 coletas do Rio Atibaia foi de $0,094 \text{ mg.L}^{-1}$, quanto ao valor máximo a média foi de $0,542 \pm 0,352 \text{ mg.L}^{-1}$, sendo que no período P4C apresentou o valor máximo de $2,450 \text{ mg.L}^{-1}$, elevando o valor médio em cerca de 54%, referente a média dos 10 períodos excluindo o período P4C, o cálculo do Ft é de $0,351 \pm 0,172 \text{ mg.L}^{-1}$.

A Tabela 16 e a Figura 15 apresentam valor mínimo médio geral de Ft nos 10 períodos de $0,086 \text{ mg.L}^{-1}$, muito próximo ao detectado na época de chuva $0,094 \text{ mg.L}^{-1}$. Os valores máximos de Ft encontrados na época de seca apresentam a média geral de $0,435 \text{ mg.L}^{-1}$, valor este inferior ao detectado na época de chuva.

Na época de seca, das 97 coletas, foram detectadas 86 análises de Ft com valores acima do VPM pela legislação, representando 89% do tempo em que as águas do Rio Atibaia permaneceram acima dos valores máximos permitido pela legislação quanto a este parâmetro para rios de Classe II.

Das amostras analisadas na época de chuva, 97 análises de Ft foram detectadas acima do VMP, representando 94% do tempo em que as águas do Rio Atibaia permaneceram em desacordo com a legislação.

Na época de seca, o Rio Atibaia apresentou a média referente a 97 coletas, representado por 10 períodos no valor de $0,213 \pm 0,118 \text{ mg.L}^{-1}$, valor este que pouco difere ao detectado na época de chuva $0,216 \text{ mg.L}^{-1}$.

Em relação ao Ft do Rio Jaguari, verifica-se que na época de chuvosa ocorre um aporte ao rio de 27,02% superior ao da época de seca. Os dados encontrados de Ft no Rio Atibaia indicam que sua origem é muito provavelmente proveniente da ação antrópica, provinda dos esgotos urbanos e efluentes, conforme apresentado na Tabela 16.

Tabela 16. Valores médios de Fósforo total (Ft), dos Rios Jaguari e Atibaia nas épocas de chuva e de seca de 200 coletas efetuadas entre outubro / 2003 a março / 2015.

Fósforo total (mg.L⁻¹): PERÍODOS											
CHUVOSO							SECO				
	PER.*	MÉDIA	DP	MIN.	MAX.	D**	MÉDIA	DP	MIN.	MAX.	D**
R	P1	0.100	0.000	0.100	0.100	6/6	0.100	0.000	0.100	0.100	6/6
I	P2	0.100	0.000	0.100	0.100	12/12	0.091	0.028	0.010	0.100	10/10
O	P3	0.447	0.184	0.170	0.760	11/11	0.389	0.223	0.120	0.620	9/9
	P4	0.113	0.024	0.100	0.180	12/12	0.115	0.019	0.100	0.140	4/4
J	P5	0.355	0.512	0.039	1.360	8/8	0.103	0.009	0.100	0.130	12/12
A	P6	0.107	0.013	0.100	0.140	10/10	0.058	0.056	0.010	0.140	5/11
G	P7	0.096	0.076	0.010	0.200	5/8	0.133	0.033	0.110	0.190	7/7
U	P8	0.415	0.289	0.196	1.068	8/8	0.199	0.076	0.066	0.356	13/13
A	P9	0.137	0.112	0.008	0.288	7/9	0.268	0.136	0.096	0.588	13/13
R	P10	0.517	0.133	0.322	0.712	9/9	0.359	0.197	0.124	0.712	12/12
Í	P11	0.343	0.186	0.100	0.648	10/10	-	-	-	-	-
	Média	0.248	0.139	0.113	0.505	95%#	0.181	0.078	0.084	0.308	94%#
	Desv.Padrão	0.167	0.154	0.090	0.434	-	0.118	0.080	0.042	0.243	-
R	P1	0.253	0.105	0.150	0.400	6/6	0.282	0.053	0.230	0.375	6/6
I	P2	0.164	0.056	0.100	0.270	12/12	0.156	0.044	0.100	0.260	10/10
O	P3	0.331	0.139	0.100	0.600	11/11	0.389	0.223	0.120	0.620	9/9
	P4	0.436	0.757	0.120	2.450	12/12	0.225	0.128	0.110	0.350	4/4
A	P5	0.125	0.068	0.050	0.270	8/8	0.198	0.065	0.120	0.340	12/12
T	P6	0.100	0.000	0.100	0.100	10/10	0.010	0.000	0.010	0.010	0/11
I	P7	0.039	0.054	0.010	0.140	2/8	0.119	0.011	0.100	0.130	7/7
B	P8	0.281	0.099	0.080	0.420	8/8	0.184	0.098	0.039	0.358	13/13
A	P9	0.202	0.052	0.124	0.272	9/9	0.340	0.394	0.016	1.346	13/13
I	P10	0.243	0.124	0.098	0.440	9/9	0.233	0.168	0.016	0.560	12/12
A	P11	0.205	0.149	0.098	0.600	10/10	-	-	-	-	-
	Média	0.216	0.146	0.094	0.542	94%#	0.213	0.118	0.086	0.435	89%#
	Desv.Padrão	0.111	0.208	0.037	0.653	-	0.109	0.119	0.068	0.367	-

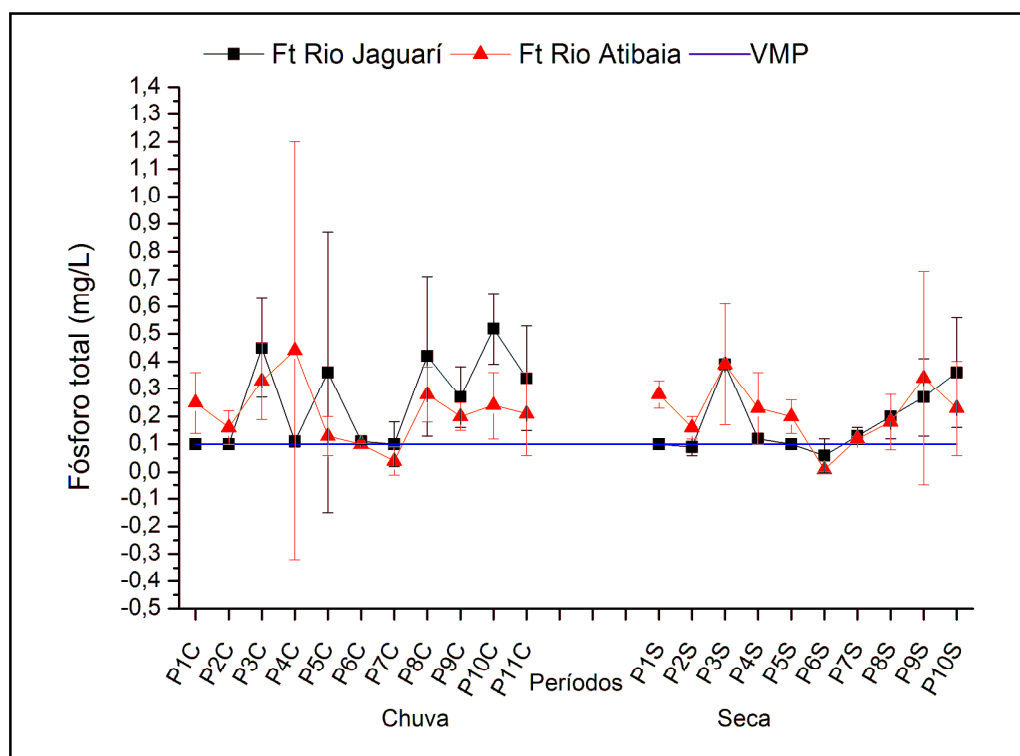
PER.* Períodos de amostragens.

D** - Número de amostras em desacordo com CONAMA 357, referente ao número de amostras analisadas.

- Valor percentual das amostras em desacordo.

Fonte: elaborado pelo autor.

Figura 15. Valores médios de Fósforo total (Ft), dos Rios Jaguarí e Atibaia nas épocas de chuva e de seca de 200 coletas efetuadas entre outubro / 2003 a março / 2015 em relação ao valor máximo permitido (VMP).



Fonte: elaborado pelo autor.

5.1.7 Sólidos totais – (St)

Considera-se como Sólidos totais o material solúvel e insolúvel presente nas águas, os valores analisados estão registrados na Tabela 17 e na Figura 16. Os dados indicam que na época de chuva comparando 103 coletas e representado por 11 períodos, o Rio Jaguarí registrou a média geral de $247,38 \pm 99,89 \text{ mg.L}^{-1}$. Para o período P10C inclui o valor médio máximo de $516,89 \text{ mg.L}^{-1}$ referente a 9 amostragens, sendo superior ao valor máximo permitido (VMP) pela Resolução CONAMA 357/2005 de $500,00 \text{ mg.L}^{-1}$ para rios de Classe II.

A concentração mínima média de St determinada na época de chuva foi de $124,60 \text{ mg.L}^{-1}$, encontrando-se os menores valores para os períodos P6C = $7,60 \text{ mg.L}^{-1}$ e para P9C = $8,00 \text{ mg.L}^{-1}$, referentes a 10 e 9 amostragens respectivamente.

Com referência aos valores máximos de St a média registrada foi de $429,15 \text{ mg.L}^{-1}$, sendo que os valores acima do VMP, foram nos períodos P4C $513,00 \text{ mg.L}^{-1}$; P8C $516,00 \text{ mg.L}^{-1}$; P10C $712,00 \text{ mg.L}^{-1}$ e P11C $980,00 \text{ mg.L}^{-1}$.

Rio Jaguari: na época de chuva, das 103 coletas, 7 análises apresentaram com índices acima do VMP, indicando que o Rio Jaguari permaneceu no período analisado em cerca de 6,8% com suas águas em desacordo com a legislação para o parâmetro Sólidos totais indicados para rios de Classe II. Demonstra-se assim que, o rio frente a este parâmetro manteve-se relativamente dentro dos padrões da legislação. Apresentando-se em 93,2% do seu tempo de acordo com a legislação.

Na época de seca, representada por 97 coletas e 10 períodos, o Rio Jaguari apresentou como St o valor médio geral de $216,67 \pm 90,33 \text{ mg.L}^{-1}$, indicando que todas as amostras analisadas estão de acordo com VMP recomendado pela Resolução CONAMA 357/2005. A média dos valores mínimos de St detectados foi de $94,50 \text{ mg.L}^{-1}$, representando 24% menor que aqueles verificados na época de chuva.

A quantidade média máxima encontrada de St corresponde a $397,85 \text{ mg.L}^{-1}$, os valores encontrados em desacordo com a legislação ao (VMP) nos períodos P9S são $588,00 \text{ mg.L}^{-1}$ e P10S $784,00 \text{ mg.L}^{-1}$ referentes respectivamente a 13 e 12 amostragens, respectivamente nos períodos P5S e P8S.

Rio Atibaia: conforme apresentado na Tabela 17 e na Figura 16, das 103 coletas representadas por 11 períodos, o valor médio geral de St foi de $296,66 \pm 94,30 \text{ mg.L}^{-1}$, enquanto que os dados mínimos indicam a média de $175,73 \text{ mg.L}^{-1}$, correspondendo a cerca de 41% superior aos valores obtidos na mesma época do Rio Jaguari.

Por outro lado, os valores máximos de St têm como média $451,32 \text{ mg.L}^{-1}$, isto é cerca de 5,2% superior aos dados obtidos na mesma época do Rio Jaguari.

Encontrou-se nas análises os valores máximos superiores ao VMP indicado na legislação nos períodos P2C $561,00 \text{ mg.L}^{-1}$; P7C $733,00 \text{ mg.L}^{-1}$ e P11C $604,00 \text{ mg.L}^{-1}$, referente respectivamente a 12; 8 e 10 amostragens.

Considerando-se o período das 103 coletas, 7 análises apresentaram em não conformidade com a Resolução CONAMA 357/2005, representando cerca de 6,7% do tempo em que as águas do Rio Atibaia permaneceram acima do VPM, determinado pela legislação.

Na época de seca, correspondente a 97 coletas e 10 períodos, o Rio Atibaia apresentou como média geral de St $331,01 \pm 113,29 \text{ mg.L}^{-1}$, valor este 11% superior em relação à média obtida na época de chuva.

A Tabela 17 e a Figura 16 indicam que o valor médio mínimo de St encontrado na época foi de 181,00 mg.L⁻¹, portanto próximo ao valor correspondente ao da época de chuva. Para o mesmo período o dado médio máximo detectado foi de 533,90 mg.L⁻¹, apresentando-se 18,3% superior aquele obtido na época de chuva, encontrando-se acima do VMP indicado pela legislação.

Das 97 coletas efetuadas, 11 análises apresentaram em desacordo com VMP, representando 11% do tempo em que as águas do Rio Atibaia permaneceram em desacordo com a legislação CONAMA 357/2005.

Comparando-se os valores de St do Rio Jaguari e do Rio Atibaia na época chuvosa, as médias foram respectivamente 247,38 e 296,66 mg.L⁻¹. Straub (1989) relata que o Rio Colorado em Los Angeles, Califórnia apresentou valor de 657 mg.L⁻¹, (resíduo seco a 180°C); enquanto que o Rio Missouri na cidade de Kansas apresentou 312mg.L⁻¹.

Tabela 17. Valores médios de Sólidos totais (St) dos Rios Jaguari e Atibaia nas épocas de chuva e de seca de 200 coletas efetuadas entre outubro / 2003 a março / 2015.

Sólidos totais (mg.L ⁻¹): PERÍODOS											
CHUVOSO						SECO					
	PER.*	MÉDIA	DP	MIN.	MAX.	D**	MÉDIA	DP	MIN.	MAX.	D**
R	P1	170,67	24,51	142,00	208,50	0/6	227,42	72,20	108,00	305,50	0/6
I	P2	169,75	28,72	119,00	211,00	0/12	200,70	64,20	102,00	324,00	0/10
O	P3	243,00	86,58	94,00	330,00	0/11	268,44	101,21	97,00	406,00	0/9
	P4	272,00	113,23	121,00	513,00	1/12	146,25	26,07	119,00	181,00	0/4
J	P5	289,13	41,02	210,00	324,00	0/8	235,42	54,55	155,00	330,00	0/12
A	P6	111,92	109,40	7,60	355,20	0/10	182,45	103,16	24,00	392,00	0/11
G	P7	141,63	75,02	49,00	283,00	0/8	220,14	54,59	134,00	312,00	0/7
U	P8	331,75	121,14	196,00	516,00	0/8	199,23	76,12	66,00	356,00	0/13
A	P9	136,89	111,52	8,00	288,00	0/9	268,31	136,16	96,00	588,00	1/13
R	P10	516,89	132,62	322,00	712,00	5/9	218,33	215,08	44,00	784,00	1/12
Í	P11	337,60	255,06	102,00	980,00	1/10	-	-	-	-	-
	Média	247,38	99,89	124,60	429,15	7%#	216,67	90,33	94,50	397,85	2%#
	Desv.Padrão	119,96	64,04	92,82	237,05	-	37,29	53,59	40,00	170,00	-
R	P1	345,08	56,80	266,00	413,50	0/6	326,33	45,78	274,00	405,00	0/6
I	P2	387,33	104,64	242,00	561,00	1/12	331,60	87,45	210,00	436,00	0/10
O	P3	315,08	86,91	204,00	500,00	0/11	402,56	71,69	340,00	530,00	1/9
	P4	304,83	19,06	282,00	355,00	0/12	239,00	58,48	180,00	296,00	0/4
A	P5	303,38	61,59	188,00	364,00	0/8	280,83	39,95	199,00	340,00	0/12
T	P6	106,32	93,69	0,00	272,00	0/10	462,45	300,47	120,00	1226,00	4/11
I	P7	348,63	219,02	153,00	733,00	2/8	377,00	161,34	120,00	564,00	2/7
B	P8	289,25	104,73	80,00	450,00	0/8	221,85	107,59	95,00	390,00	0/13
A	P9	202,44	51,52	124,00	272,00	0/9	202,44	51,52	124,00	272,00	0/9
I	P10	242,89	123,75	98,00	440,00	0/9	466,00	208,58	148,00	880,00	4/12
A	P11	418,00	115,55	296,00	604,00	4/10	-	-	-	-	-
	Média	296,66	94,30	175,73	451,32	7%#	331,01	113,29	181,00	533,90	11%#
	Desv.Padrão	87,46	52,07	94,09	141,36	-	95,56	85,38	77,65	299,89	-

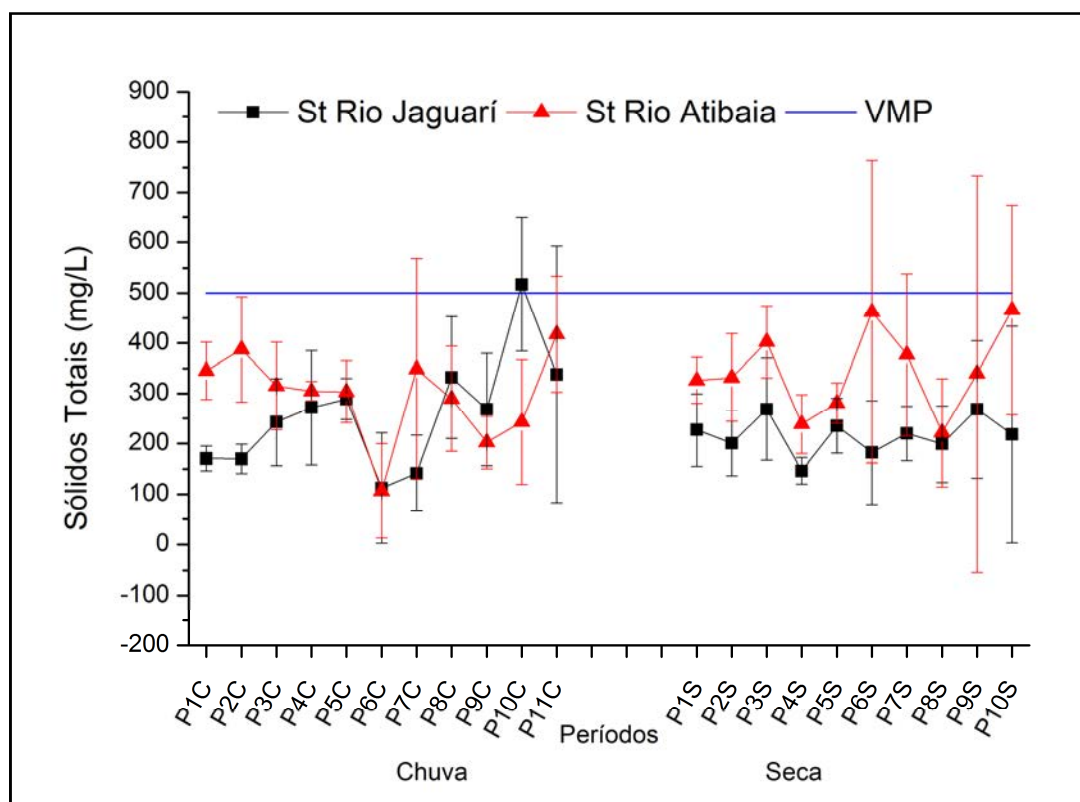
PER.* Períodos de amostragens.

D** - Número de amostras em desacordo com a Resolução CONAMA 357/205, referente ao número de amostras analisadas.

- Valor percentual das amostras em desacordo.

Fonte: elaborado pelo autor.

Figura 16. Valores médios de Sólidos totais (St) dos Rios Jaguari e Atibaia nas épocas de chuva e de seca de 200 coletas efetuadas entre outubro / 2003 a março / 2015 em relação ao valor máximo permitido (VMP).



Fonte: elaborado pelo autor.

5.1.8 Turbidez – (Tz)

A Turbidez de uma água envolve substâncias que não se apresentam totalmente dissolvidas ou partículas que interferem no caminho óptico da luz. A Tz sofre influência entre outros fatores da presença de microrganismos, matéria orgânica e inorgânica. Águas de elevada Tz impedem a penetração de raios luminosos, comprometendo o metabolismo microbiano dos organismos fotossintetizantes. A Resolução CONAMA 357/2005, contempla para rios de Classe II valor de Tz máximo de 100 NTU (Unidade Nefelométrica de Turbidez). As nascentes dos rios com frequência têm menor Tz que após percorrerem determinadas distâncias, assim relata Palma- Silva (2007). Em relação a nascente do Rio Corumbataí que apresenta-se entre 0,6 e 2,0 NTU e que após cerca de 120 Km sua Tz varia de 8,2 a 882,0 dependendo da época chuvosa ou seca.

Rio Jaguari: A Tabela 18 e a Figura 17 apresentam para a época de chuva compreendido em 103 coletas em 11 períodos, valor médio geral de T_z $62,31 \pm 66,95$ NTU. Valores estes encontrados acima do valor máximo permitido (VPM) pela legislação compreendem aos períodos P4C de 135,25 NTU e P6C de 187,83 NTU referentes respectivamente à média de 12 e 10 amostragens.

Para os valores mínimos de T_z , todos os períodos apresentaram-se em conformidade com a legislação de 11,19 NTU.

A quantificação mínima detectada foi no período P4C de 5,15 NTU referente a 12 amostras, enquanto que para os dados máximos do período, encontrou-se a média geral de 213,27 NTU, portanto acima do VMP indicado pela legislação.

A Tabela 18 e a Figura 17 registram os valores de T_z nos períodos: P1C de 159,00 NTU, P2C de 230,00 NTU, P3C de 269,00 NTU, P4C de 355,00 NTU, P5C de 208,00 NTU e P6C de 790,00 NTU. Estes valores encontram-se superiores ao VMP indicado pela Resolução CONAMA 357/2005.

Dentre as 103 coletas realizadas na época de chuva, 22 análises apresentaram-se acima do VMP pela legislação, indicando que as águas do Rio Jaguari nesta época permaneceram 21% do tempo fora do VMP para o parâmetro Turbidez em águas de rio de Classe II.

De acordo com a Tabela 18 e a Figura 17, o Rio Jaguari na época de seca, referente a 97 coletas e 10 períodos, apresentou valor médio $T_z = 28,65 \pm 20,48$ NTU. Todos os dados destes 10 períodos permaneceram de acordo com VMP pela legislação.

Para os valores mínimos de T_z , a média geral detectada foi de 8,58 NTU, sendo o menor valor no período P3S de 4,98 NTU referente à média de 9 amostragens equivalente aos meses de abril a setembro de 2006. Para os valores máximos a média geral foi de 67,56 NTU. Sendo que os valores nos períodos P1S de 182,50 NTU e P7S de 162,00 NTU, referente respectivamente de 6 e 7 amostragens apresentaram acima do VPM. Nesta época, referente a 97 coletas, 3 análises apresentaram-se acima do VMP, representando que as águas do Rio Jaguari na época de seca, permaneceu 3% das coletas acima do VMP estabelecido para águas de rio de Classe II.

Rio Atibaia: de acordo com a Tabela 18 e a Figura 17, na época de chuva, referente a 103 coletas e 11 períodos, apresentou a média geral de $T_z = 50,12 \pm 37,62$ NTU, e todos os

valores abaixo do VMP. Para os dados mínimos, a média geral encontrada foi de $Tz = 16,82$ NTU, a menor quantificação foi do período P4C de 8,83 NTU, referente a 12 amostragens durante outubro de 2007 a março de 2008.

Os valores máximos da média geral registrados na época de chuva foram de 134,36 NTU, em não conformidade com VMP da legislação. A Tz dos períodos P3C de 210,00 NTU, P4C de 227,00 NTU, P5C de 263,00 NTU, P6C de 184,00 NTU, P8C de 132,00 NTU e P11C de 171,00 NTU, apresentaram-se acima do VPM indicado pela legislação.

Na época chuvosa entre (outubro de 2003 a março de 2015), referente a 103 coletas, 15 análises apresentaram-se acima do VMP, indicando que as águas do Rio Atibaia permaneceram cerca de 14% das coletas acima do VMP para o parâmetro Tz .

A Tabela 18 e a Figura 17 registram que o Rio Jaguari na época de chuva apresentou superior aos valores de Turbidez em 33,66 NTU, cerca de 54% acima em relação a época de seca, enquanto que o Rio Atibaia na época de chuva a Tz foi superior em 15,26 NTU, cerca de 30% maior em relação a época de seca.

Os resultados demonstram que as águas do Rio Atibaia, na época de chuva apresentaram melhor qualidade no parâmetro Turbidez em relação à mesma época com as do Rio Jaguari.

De acordo com os dados de Tz a Tabela 18 e a Figura 17, o Rio Atibaia na época de seca, das 97 coletas realizadas e agrupadas em 10 períodos, indicam o valor médio de $34,86 \pm 23,19$ NTU. Todos os valores médios de Tz , nos 10 períodos permaneceram de acordo com VMP pela legislação. Para os valores mínimos, a média geral detectada foi de 12,00 NTU, sendo que o menor valor foi no período P4S de 5,47 NTU referente a 4 amostragens no período (abril a setembro de 2008).

Para os valores máximos a média geral registrada foi de 74,10 NTU sendo que os dados de Tz nos períodos P1 = 121,00 NTU, P7 e P8 ambos no valor de 132,00 NTU referentes respectivamente de 6, 7 e 13 amostragens que se apresentaram acima do VPM indicado pela legislação.

Nesta época, referente a 97 coletas, 4 análises apresentaram-se acima do VMP pela legislação, indicando que as águas do Rio Jaguari nesta época de seca analisada, permaneceram cerca de 4% das coletas acima do VPM indicado pela legislação.

Tabela 18. Valores médios de Turbidez (Tz) dos Rios Jaguari e Atibaia nas épocas de chuva e de seca de 200 coletas efetuadas entre outubro de 2003 a março de 2015.

Turbidez (NTU): PERÍODOS											
CHUVOSO							SECO				
	PER.*	MÉDIA	DP	MIN.	MAX.	D**	MÉDIA	DP	MIN.	MAX.	D**
R	P1	50,47	55,33	6,80	159,00	1/6	58,28	64,10	5,10	182,50	1/6
I	P2	54,01	64,37	11,41	230,00	2/12	21,22	10,13	10,34	42,00	0/10
O	P3	54,35	69,84	11,30	269,00	1/11	10,66	7,12	4,98	26,90	0/9
	P4	135,25	127,98	5,15	355,00	7/12	17,94	13,97	5,24	37,80	0/4
J	P5	65,25	83,60	11,40	208,00	2/8	20,67	14,27	6,60	52,40	0/12
A	P6	187,83	227,16	26,60	790,00	6/10	21,67	16,45	6,58	56,00	0/11
G	P7	22,79	23,48	11,40	80,00	0/8	83,29	50,77	26,00	162,00	2/7
U	P8	69,03	56,90	14,00	140,00	3/8	20,54	9,84	8,00	44,00	0/13
A	P9	17,78	8,07	10,00	35,00	0/9	13,31	5,11	8,00	25,00	0/13
R	P10	15,44	12,21	9,00	47,00	0/9	18,92	13,09	5,00	47,00	0/12
Í	P11	13,20	7,51	6,00	33,00	0/10	-	-	-	-	-
	Média	62,31	66,95	11,19	213,27	21%#	28,65	20,48	8,58	67,56	3%#
	Desv.Padrão	54,37	64,66	5,78	217,74	-	23,25	20,02	6,36	56,25	-
R	P1	38,35	3,34	34,20	42,00	0/6	48,39	44,70	9,50	121,00	1/6
I	P2	43,41	20,56	14,20	79,00	0/12	34,19	27,42	6,74	91,20	0/10
O	P3	76,27	52,95	20,50	210,00	3/11	18,80	20,43	8,00	71,30	0/9
	P4	76,58	68,29	8,83	227,00	5/12	15,42	10,42	5,47	29,90	0/4
A	P5	68,69	87,90	13,00	263,00	1/8	22,88	13,44	6,10	45,35	0/12
T	P6	90,94	46,47	34,30	184,00	4/10	34,46	24,22	9,20	77,20	0/11
I	P7	25,43	22,37	14,00	80,00	0/8	81,14	26,12	44,00	132,00	1/7
B	P8	46,38	39,29	12,00	132,00	1/8	64,69	38,29	14,00	132,00	2/13
A	P9	29,78	19,92	12,00	74,00	0/9	13,38	4,72	8,00	22,00	0/13
I	P10	12,56	2,51	10,00	16,00	0/9	15,25	3,22	9,00	19,00	0/12
A	P11	42,90	50,22	12,00	171,00	1/10	-	-	-	-	-
	Média	50,12	37,62	16,82	134,36	15%#	34,86	21,30	12,00	74,10	4%#
	Desv.Padrão	24,66	26,81	9,11	81,77	-	23,19	13,70	11,49	44,40	-

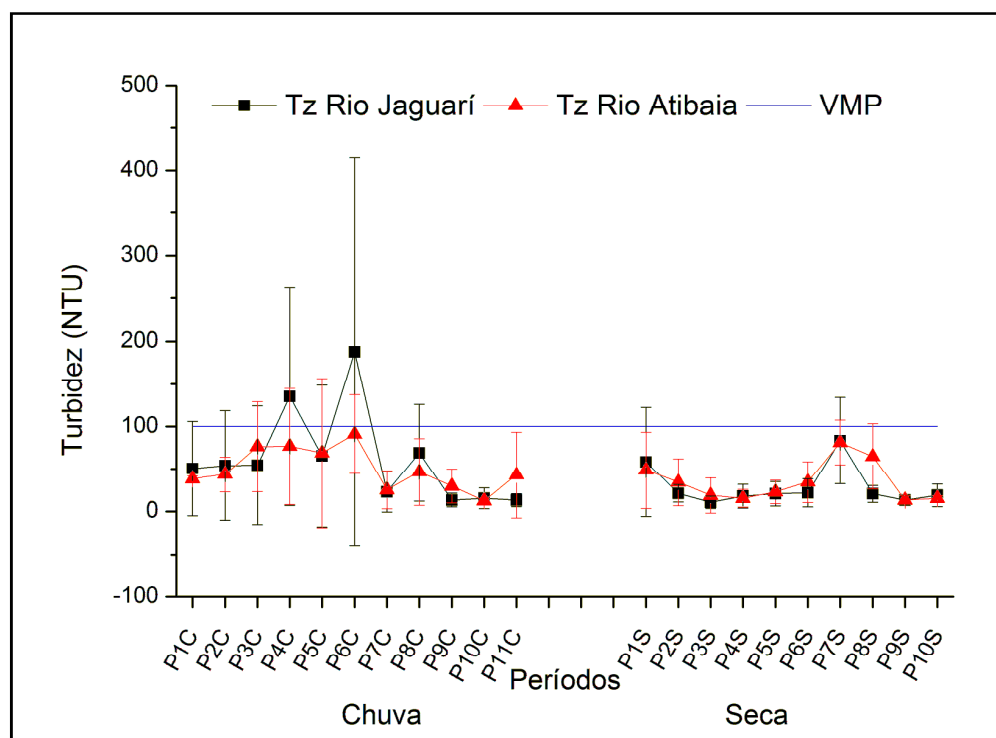
PER.* Períodos de amostragens.

D** - Número de amostras em desacordo com a Resolução CONAMA 357/2005, referente ao número de amostras analisadas.

- Valor percentual das amostras em desacordo.

Fonte: elaborado pelo autor.

Figura 17. Valores médios de Turbidez (Tz) dos Rios Jaguari e Atibaia nas épocas de chuva e de seca de 200 coletas efetuadas entre outubro de 2003 a março de 2015 em relação ao valor máximo permitido (VMP).



Fonte: elaborado pelo autor.

5.1.9 Temperatura (T)

A temperatura é um parâmetro de grande importância para a biota aquática, pois está diretamente relacionada com a viscosidade e a densidade da água. A temperatura apresenta-se diretamente relacionada aos valores de Pressão de Vapor d'Água (PV) (mmHg) conforme apresentado na Tabela 19 e pode ser classificada de acordo com apresentação da Tabela 20.

A solubilização de substâncias orgânicas e inorgânicas é dependente também da Temperatura. No caso das águas dos rios a presença de gases dissolvidos é de grande importância, principalmente quando se refere ao OD.

Tabela 19. Valores de temperatura em relação à Pressão de Vapor d'Água, Weast (1972).

T(°C)	PV (mmHg)
15	12,788
21	18,650
24	22,377
30	31,824
100	760,00

Tabela 20. Classificação da temperatura da água conforme intervalos de valores, Weast (1972).

Classificação	T(°C)
Baixa	<14
Média	15 < 20
Alta	21 < 27
Muito alta	> 27

A densidade da água está diretamente relacionada com a variação de temperatura conforme apresentado na Tabela 21.

Tabela 21. Densidade da água (g/cm³), de acordo com a variação de temperatura, Weast (1972).

Densidade (g/cm ³)	T (°C)
0,9980	15
0,9960	30

A temperatura interfere na velocidade das reações bioquímicas microbianas responsáveis pela biodegradação da matéria orgânica presente na água. Maiores Temperaturas implicam em degradação mais rápida e isto implica em maior consumo de oxigênio pelas bactérias aeróbias quando o teor de matéria orgânica é elevado.

Os Rios Jaguari e Atibaia mantiveram suas águas com a temperatura média classificada como alta nas épocas de chuva e de seca, de acordo com apresentação da Tabela 22 e da Figura 18.

Tabela 22. Valores médios de Temperatura (°C) dos Rios Jaguari e Atibaia nas épocas de chuva e de seca de 200 coletas efetuadas entre outubro de 2003 a março de 2015.

Temperatura(°C): PERÍODOS											
CHUVOSO						SECO					
	PER.*	MÉDIA	DP	MIN.	MAX.	D**	MÉDIA	DP	MIN.	MAX.	D**
R	P1	25,92	1,91	23,00	28,00	0/6	25,08	2,38	21,50	28,00	0/6
I	P2	25,25	1,66	23,00	28,00	0/12	19,90	1,73	18,00	22,00	0/10
O	P3	20,69	3,20	17,00	27,00	0/11	19,89	2,37	17,00	25,00	0/9
	P4	23,00	1,86	20,00	25,00	0/12	20,00	4,40	15,00	25,00	0/4
J	P5	21,38	2,07	19,00	24,00	0/8	20,67	2,74	16,00	26,00	0/12
A	P6	25,10	1,73	23,00	28,00	0/10	20,55	2,58	17,00	26,00	0/11
G	P7	24,38	1,85	20,00	26,00	0/8	19,86	2,41	17,00	23,00	0/7
U	P8	23,75	1,04	22,00	25,00	0/8	19,77	2,89	17,00	25,00	0/13
A	P9	24,00	2,60	18,00	27,00	0/9	20,23	2,83	16,00	26,00	0/13
R	P10	26,11	2,76	20,00	29,00	0/9	24,00	3,84	18,00	30,00	0/12
Í	P11	24,50	1,51	22,00	27,00	0/10	-	-	-	-	-
	Média	24,01	2,02	20,64	26,73	0%#	20,99	2,82	17,25	25,60	0%#
	Desv.Padrão	1,74	0,62	2,11	1,56	-	1,91	0,77	1,75	2,27	-
R	P1	25,92	1,91	28,00	23,00	0/6	25,08	2,38	21,50	28,00	0/6
I	P2	25,25	1,66	28,00	23,00	0/12	19,90	1,73	18,00	22,00	0/10
O	P3	20,69	3,20	27,00	17,00	0/11	19,89	2,37	17,00	25,00	0/9
	P4	23,00	1,86	25,00	20,00	0/12	20,00	4,40	15,00	25,00	0/4
A	P5	21,38	2,07	24,00	19,00	0/8	20,67	2,74	16,00	26,00	0/12
T	P6	25,10	1,73	28,00	23,00	0/10	20,55	2,58	17,00	26,00	0/11
I	P7	24,38	1,85	26,00	20,00	0/8	19,86	2,41	17,00	23,00	0/7
B	P8	23,75	1,04	25,00	22,00	0/8	19,77	2,89	17,00	25,00	0/13
A	P9	24,00	2,60	27,00	18,00	0/9	20,23	2,83	16,00	26,00	0/13
I	P10	26,11	2,76	29,00	20,00	0/9	24,00	3,84	18,00	30,00	0/12
A	P11	24,50	1,51	27,00	22,00	0/10	-	-	-	-	-
	Média	24,01	2,02	26,73	20,64	0%#	20,99	2,82	17,25	25,60	0%#
	Desv.Padrão	1,74	0,62	1,56	2,11	-	1,91	0,77	1,75	2,27	-

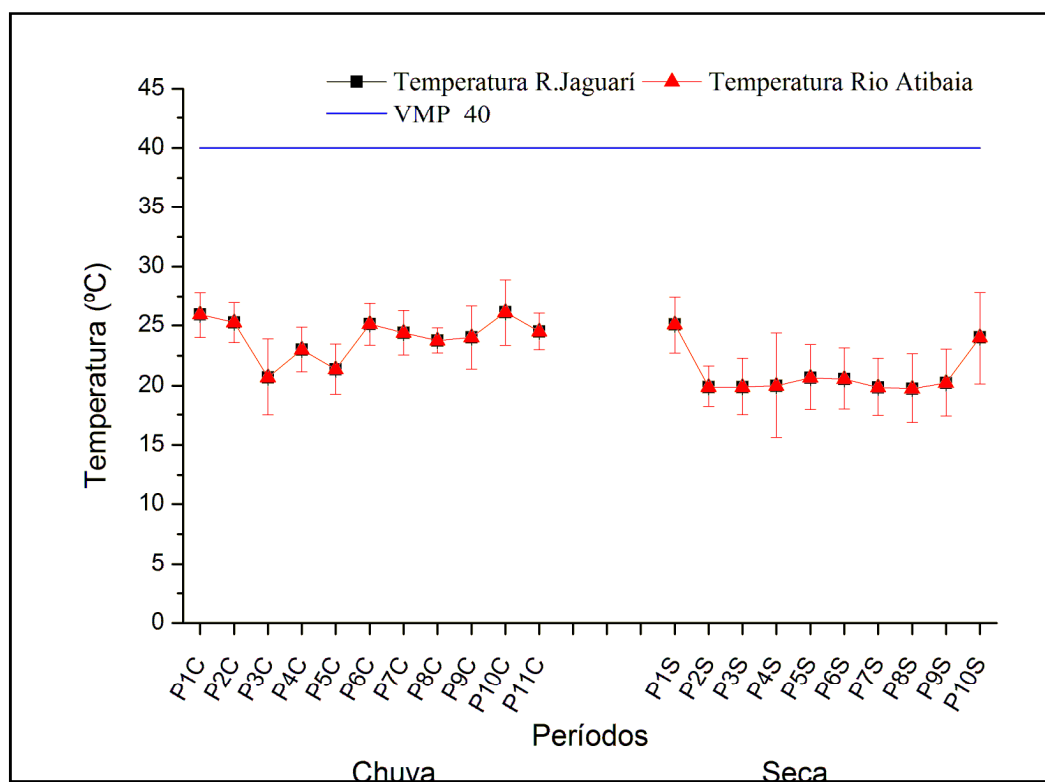
PER.* Períodos de amostragens.

D** - Número de amostras em desacordo com a Resolução CONAMA 357/2005, referente ao número de amostras analisadas.

- Valor percentual das amostras em desacordo.

Fonte: elaborado pelo autor.

Figura 18. Valores médios de Temperatura ($T^{\circ}\text{C}$) dos Rios Jaguari e Atibaia nas épocas de chuva e de seca de 200 coletas efetuadas entre outubro / 2003 a março / 2015 em relação ao valor máximo permitido (VMP).



Fonte: elaborado pelo autor.

5.2 Valores médios do Índice de Qualidade de Água (IQA) em relação aos seus parâmetros e pluviosidade

Quanto aos valores dos IQA's encontrados nos Rios Jaguari e Atibaia dos pontos analisados verificaram-se diferenças. Os resultados obtidos nesta pesquisa envolvem médias nas épocas de chuva e de seca de 200 amostragens obtidas entre outubro de 2003 a março de 2015, com análise de nove parâmetros e classificados de acordo com a CETESB/2010

O cálculo do IQA médio para cada período foi realizado, determinando-se o índice para cada uma das amostragens e obtendo a média deste índice para cada período.

A Figura 19 apresenta os resultados de IQA' se suas classificações de acordo com a CETESB/2010, dos Rios Jaguari e Atibaia nas épocas de chuva e de seca referentes respectivamente a 11 e 10 períodos correspondentemente ao total de 200 amostras analisadas.

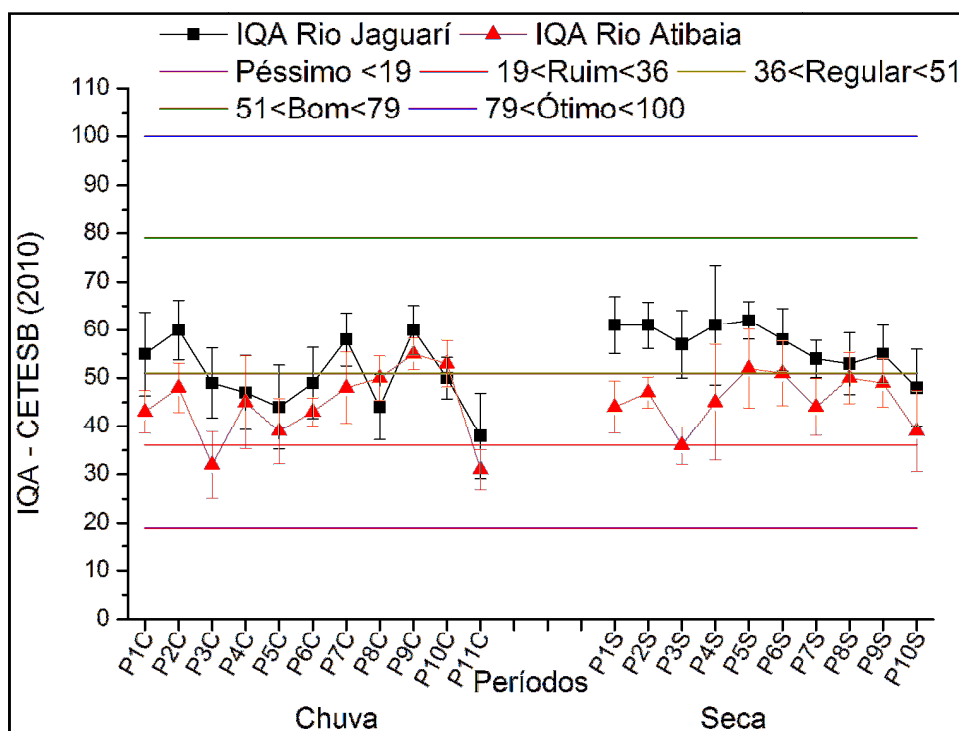
Rio Jaguari: na época de chuva apresentou IQA de suas águas classificada de acordo com a CETESB/2010, boa nos períodos: P1C; P2C; P7C; P9C e regular nos períodos P3C;

P4C; P5C; P6C; P8C; P10C e P11C. Porém o valor de IQA do período P11C apresentou-se muito próximo do valor limite para classificação ruim.

Na época de seca, o Rio Jaguari apresentou-se classificado, quanto à qualidade de suas águas, boa nos períodos entre P1S a P9S, regular no período P10S, porém os valores de IQA's dos períodos P7S a P9S mantiveram-se muito próximos ao valor limite para classificação regular.

Rio Atibaia: na época de chuva apresentou índice de qualidade de suas águas classificada, de acordo com a CETESB/2010, boa nos períodos P9C e P10C, regular nos períodos P1C; P2C; P4C; P5C; P6C; P7C e P8C. A classificação para os períodos P3C e P11C foi ruim. Na época de seca, o Rio Atibaia apresentou-se classificado, quanto à qualidade de suas águas, ruim para o período P3S, regular para os períodos P1S; P2S; P4S; P6S; P7; P8; P9 e P10S e classificado como bom no período P5S com valor de 52, muito próximo ao valor limite para classificação regular.

Figura 19. IQA de acordo com a classificação CETESB/2010, dos Rios Jaguari e Atibaia avaliados em 200 coletas entre outubro de 2003 a março de 2015.



Fonte: elaborado pelo autor.

A seguir buscou-se correlacionar os valores médios de IQA com os valores individuais dos parâmetros que compõem o índice.

5.2.1 IQA, pH e pluviosidade

Rio Jaguari: nas épocas de chuva e seca, apresentou diferenças nos valores dos IQA's. O Rio Jaguari apresentou IQA's com melhor índice e o valor de pH médio inferior que o do Rio Atibaia.

A Figura 20 mostra que o IQA nem sempre está relacionado com a pluviosidade elevada, como mostra os períodos P9C e P11C.

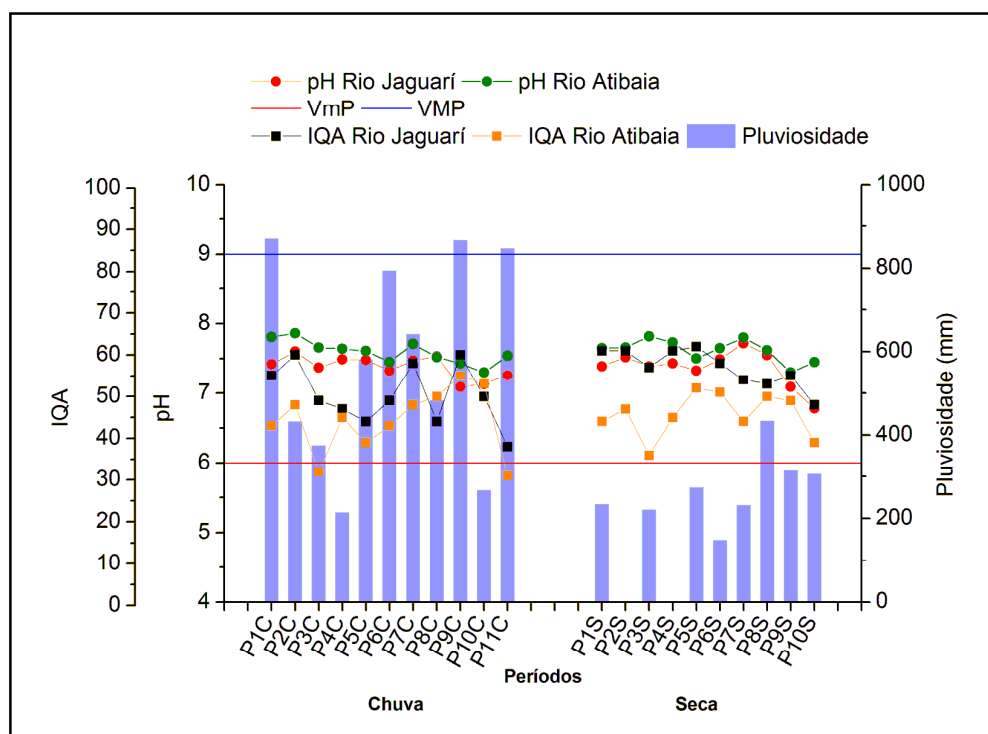
Os períodos P1C; P9C e P11C apresentaram os maiores índices de pluviosidade e os IQA's quando esta está em menores índices apresentam tendência de serem mais estáveis.

Na época de seca o Rio Jaguari manteve seu IQA relativamente estável com o menor valor no período P10S, coincidindo com o menor valor de pH, embora o índice pluviométrico tenha se mantido estável nos períodos P9S e no P10S.

Rio Atibaia: tanto na época de chuva como na de seca, houve tendência de diminuição do valor de pH e na variação dos IQA's.

Na época de chuva o IQA está mais próximo do valor de qualidade de água, considerado regular. Os melhores valores de IQA's encontram-se nos períodos P3C e no P3S, conforme apresentado na Figura 20. Esta figura registra que independentemente da pluviosidade, o Rio Atibaia teve as piores médias de IQA.

Figura 20. Valores médios de IQA's relacionados com pH e pluviosidade (mm) dos Rios Jaguari e Atibaia nas épocas de chuva e seca, referente a 200 coletas efetuadas entre outubro de 2003 a março de 2015 em relação ao valor mínimo permitido (VmP) e em relação ao valor máximo permitido (VMP).



Fonte: elaborado pelo autor.

5.2.2 IQA, OD e pluviosidade

O índice pluviométrico registrado na Tabela 12 quando relacionado com o valor de OD permite verificar que na época de chuva diminui a quantidade de oxigênio dissolvido na água.

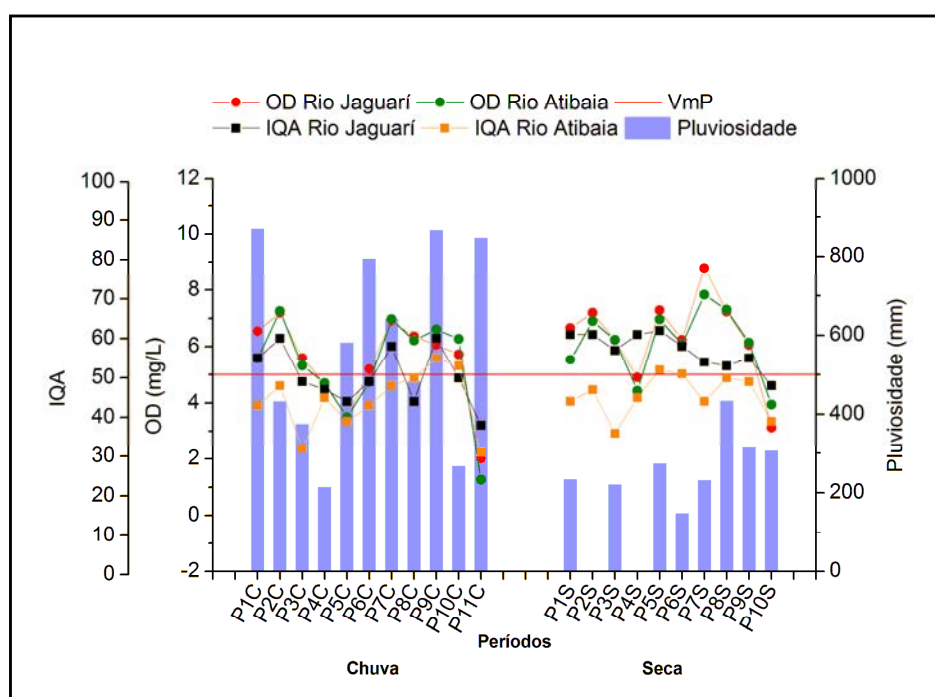
Rio Jaguari: na época de chuva o valor de OD esteve 07 períodos com valores abaixo do limite preconizado pela legislação. Nos períodos que o OD esteve em condições em desacordo com a legislação, o índice menor para a época chuvosa foi o P11C. Por outro lado, na época de seca um único período P10S não esteve enquadrado na legislação, coincidindo com um baixo valor do IQA.

O IQA na época chuvosa apresentou-se com valores inferiores ao de 50 em 07 períodos, (P3C; P4C; P5C; P6C; P8C; P10C e P11C), enquanto que na época de seca. Apenas P10S apresentou-se na condição de água de qualidade regular, e apenas o P9C e P10C com qualidade boa. Porém com limite próximo da qualidade regular em relação à qualidade boa, os períodos melhores foram P1C; P2C; P7C e P9C, assim como os P1S a P9S.

Rio Atibaia: na época chuvosa os valores de OD apresentaram abaixo do que preconiza a legislação durante 04 períodos (P4C; P5C; P6C e P11C). Embora os períodos de maior pluviosidade apresentassem nos períodos P1C; P9C e P11C, o menor valor do índice de IQA foi detectado no P11C, praticamente na qualidade ruim da água e coincide com o menor valor de OD ($1,22 \text{ mg O}_2\cdot\text{L}^{-1}$).

Na época de seca o IQA das águas do Rio Atibaia manteve-se na qualidade regular na maior parte do tempo, sendo que nos períodos P5S e P6S, atingiram o limite para qualidade boa, a Figura 21 não indica para águas do Rio Atibaia que os valores de OD tenham exercidos fortes influências nos valores de IQA's, mas que outros fatores estariam interferindo na qualidade das águas especialmente na época de seca.

Figura 21. Valores médios de IQA's relacionados com OD ($\text{mg O}_2\cdot\text{L}^{-1}$) e pluviosidade (mm) dos Rios Jaguarí e Atibaia nas épocas de chuva e seca, referente a 200 coletas efetuadas entre outubro / 2003 a março / 2015 em relação aos valores mínimos permitidos (VmP).



Fonte: elaborado pelo autor.

5.2.3 IQA, DBO e pluviosidade

A DBO, embora forneça dados relativos apenas à matéria orgânica facilmente biodegradável, esteve na maior parte dos períodos com valores que extrapolaram aqueles indicados pela legislação, conforme a Tabela 13 e a Figura 12.

Rio Jaguari: quanto a pluviosidade, verifica-se que foram induzidas as alterações nos valores de IQA's dos diferentes períodos da época de chuva.

A Figura 22 registra que os períodos P1C com pluviosidade elevada, o valor da DBO apresentou-se com a média de $2,34 \text{ mg O}_2\cdot\text{L}^{-1}$, enquanto que no período P2C, cuja pluviosidade foi menor valor médio de DBO, permaneceu em $2,13 \text{ mg O}_2\cdot\text{L}^{-1}$, enquadrados na legislação.

Os períodos de menor e maior pluviosidade P4C; P10C e P9C e P11C respectivamente não coincidiram com os menores valores para DBO na época chuvosa.

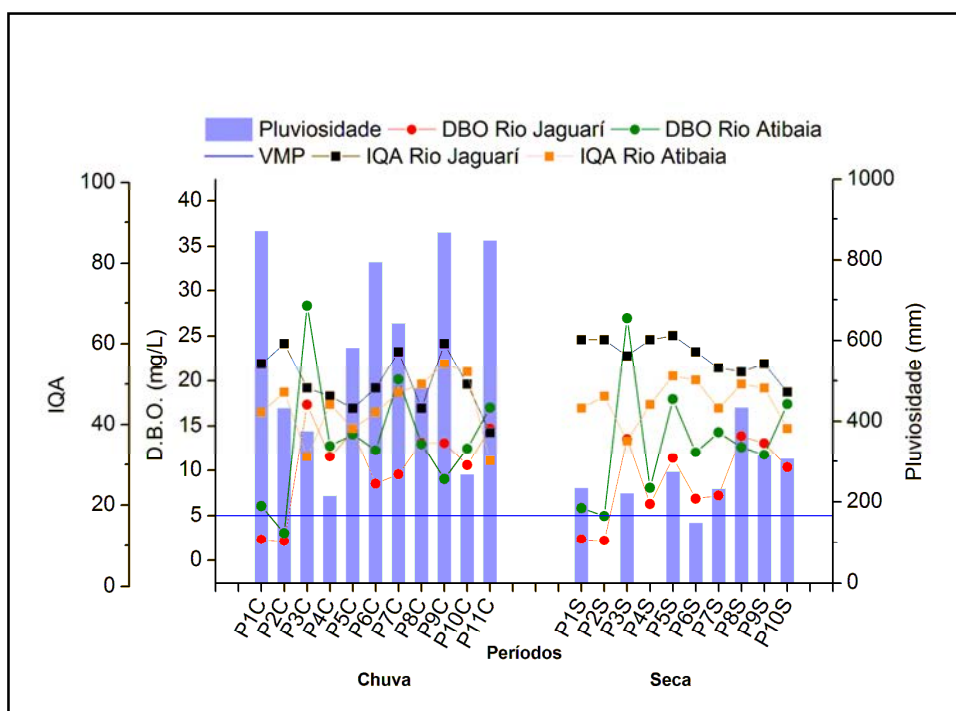
Na época de seca os valores de DBO do Rio Jaguari, como mostra a Figura 22, apresentam na maior parte dos períodos, menores que na época de chuva e que independentemente das chuvas os períodos P1S e P2S apresentaram os menores valores de DBO. Ainda na época de seca com pluviosidade baixa os períodos P1S; P2S; P6S e P7S registram os menores valores de DBO.

Rio Atibaia: assim como no Rio Jaguari, os valores de DBO da época de chuva apresentaram valores variáveis que não se relacionam com a pluviosidade. Os valores da DBO do P2C ($3,02 \text{ mg O}_2\cdot\text{L}^{-1}$) apresentou-se menor que o período P3C ($28,33 \text{ mg O}_2\cdot\text{L}^{-1}$), registrando o menor índice de pluviosidade, embora coincida com menor valor de IQA, não há coerência entre DBO e IQA dos períodos P9C e P11C. Verifica-se que quando ocorre alta pluviosidade em ambos os períodos a DBO é baixa no período P9C e o valor do IQA apresenta-se o melhor índice e o inverso ocorre no período P11C.

O IQA dos períodos P3C e P10C com índices baixos não estão correlacionados com a pluviosidade. Na época de seca o valor médio da DBO foi de $13,18 \text{ mg O}_2\cdot\text{L}^{-1}$ para os 11 períodos e independentemente da pluviosidade o IQA manteve-se na maior parte do tempo no nível regular para a qualidade das águas.

A Figura 22 permite inferir que a DBO do Rio Atibaia não está fortemente vinculada à pluviosidade, mas há outros fatores provavelmente cruzados das atividades urbanas que podem estar relacionados com os valores do IQA.

Figura 22. Valores médios de IQA's relacionados com $\text{DBO}_{5,20^{\circ}\text{C}}$ ($\text{mg O}_2\cdot\text{L}^{-1}$) e pluviosidade (mm) dos Rios Jaguari e Atibaia nas épocas de chuva e seca, referente a 200 coletas efetuadas entre outubro / 2003 a março / 2015, em relação ao valor máximo permitido (VMP).



Fonte: elaborado pelo autor.

5.2.4 IQA, *E. coli* e pluviosidade

A presença de bactérias nas águas dos rios é uma constante, contudo aquelas denominadas termotolerantes *E. coli*, é altamente indesejável, pois sua presença indica a possibilidade da presença de linhagens patogênicas.

Rio Jaguari: a pluviosidade pelo que mostra a Figura 23 pode não estar vinculada à presença de *E. coli*. Na época de chuva, houve grande variação na quantidade destas bactérias, independente da pluviosidade.

Entretanto, verifica-se na Figura 23 que a partir do período P7C houve menor variação do índice de *E. coli*, mesmo com elevada pluviosidade, embora não se observa na Figura 17 estabilidade correspondente ao IQA para a época de chuva.

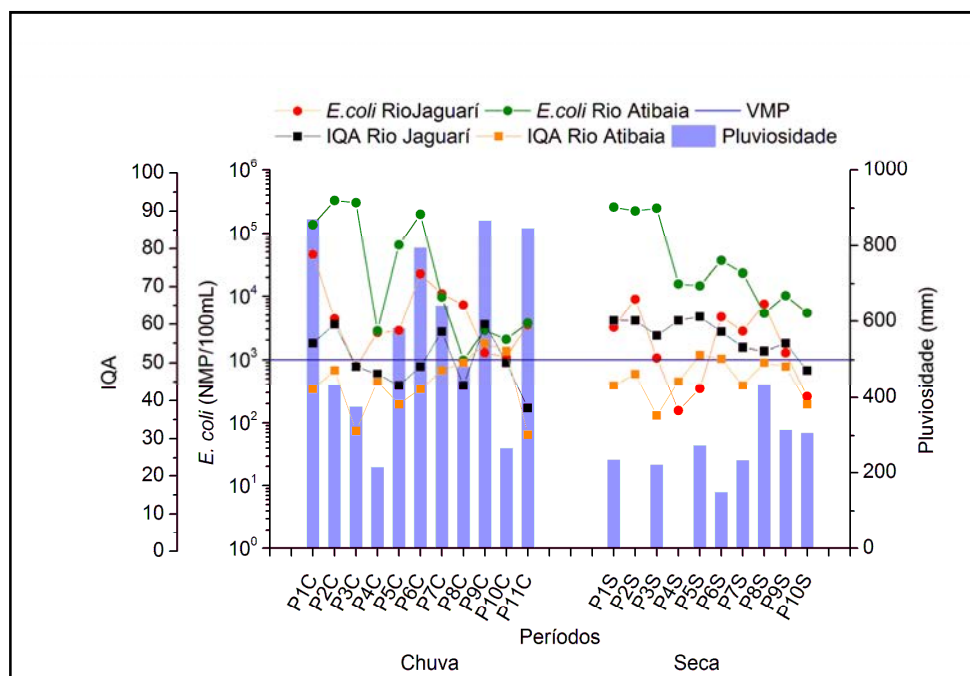
Na época de seca também ocorre variação, contudo, não é possível afirmar que corresponde à interferência da chuva. A Figura 23 não indica correlação entre pluviosidade, IQA e *E. coli*.

Rio Atibaia: na época de chuva a *E. coli*, expressa na Figura 23, no período P9C e P11C apresentam-se número mais estável de bactérias, embora não esteja correlacionado com a elevada pluviosidade. Verifica-se ainda que a valor de IQA tenha atingido o menor valor no período P11C.

Por outro lado, na época de seca o Rio Atibaia apresentou alto índice de *E. coli*, mesmo com baixa pluviosidade, porém a partir do período P4S a Figura 23 indica menor variação numérica e diminuição das bactérias. Este valor pode estar associado aos investimentos em saneamento do tratamento dos esgotos urbanos pelas ETE's, especialmente na região de Campinas.

Os valores de IQA não correspondem a diminuição de *E. coli*, faz exceção ao período P10S, mas que não se correlaciona com a pluviosidade. A Figura 23 insere os dados de *E. coli* e demonstra que o Rio Jaguari e o Rio Atibaia apresentam-se 50,3% e 78,5% respectivamente do tempo em desacordo com a legislação vigente.

Figura 23. Valores médios de IQA's relacionados com *E. coli* (NMP/100mL) e pluviosidade (mm) dos Rios Jaguari e Atibaia nas épocas de chuva e seca, referente a 200 coletas efetuadas entre outubro / 2003 a março / 2015, em relação ao valor máximo permitido (VMP).



Fonte: elaborado pelo autor.

5.2.5 IQA, Nitrogênio total (Nt) e pluviosidade

Quanto a presença de Nt nas águas dos Rios Jaguari e Atibaia, a Figura 24 indica valores relativamente baixos e que estão enquadrados na legislação.

Rio Jaguari: quanto ao Nt analisado juntamente com a pluviosidade e o IQA, não permite supor que a chuva tenha interferência neste parâmetro uma vez que a variação média é de pouca significância.

Verifica-se que, com a diminuição do Nt no período P8C ou aumento nos períodos P9C e P11C, o IQA apresentou a pior variação, sendo que os melhores índices estão nos períodos P2C e P9C.

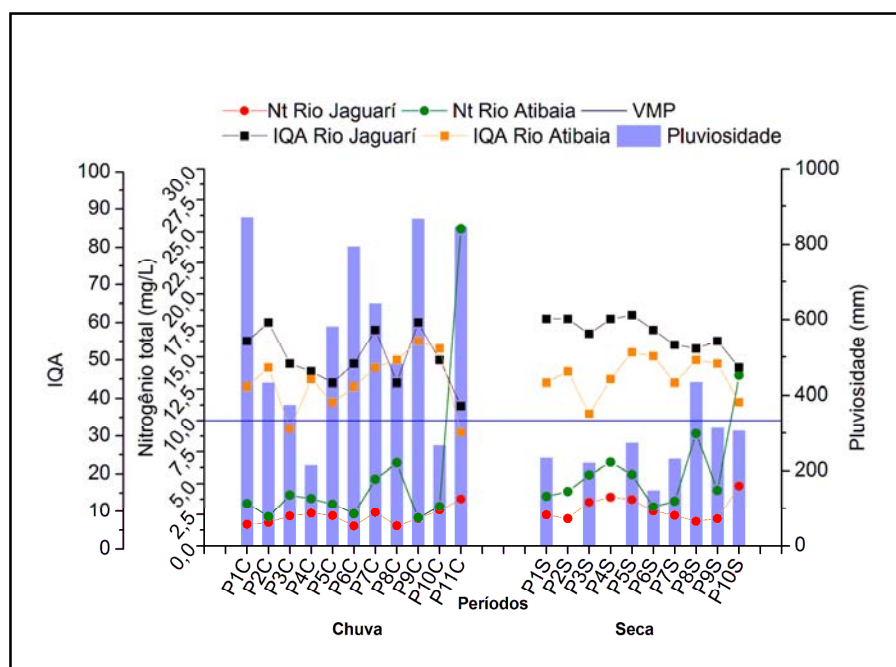
Na época de seca o valor médio de Nt manteve-se em relação a época chuvosa, idêntico nível que foram baixo. A Figura 24 apresenta o período P10S com diminuição do IQA e aumento do Nt, ainda que a pluviosidade não tenha sido a mais expressiva dentre os fatores até agora analisados. O Nt é o que apresenta menor variação em relação à pluviosidade, embora os valores quando elevados induzem IQA's que indicam menor qualidade da água.

Rio Atibaia: o Nt tem valor médio superior de $5,64 \text{ mg.L}^{-1}$ ao do Rio Jaguari ($2,29 \text{ mg.L}^{-1}$) na época chuvosa. A Figura 24 não indica aumento de Nt correlacionado com a pluviosidade. Verifica-se, no entanto que o período P10C com média baixa de chuva, apresenta melhor valor de IQA em relação ao P11C com valor de Nt ($25,24 \text{ mg.L}^{-1}$) com elevado índice de pluviosidade.

Na época de seca houve variação nos valores médios de Nt. O maior valor de Nt obtido foi no período em que coincide com o menor valor de IQA, época esta que apresentou severa estiagem na região sudeste da UGRHI-05.

A estiagem fez com que o volume de água dos rios diminuísse e conseqüentemente os solutos sofreram o efeito da concentração incluindo o Nt. Embora o Nt na maior parte do tempo tenha permanecido em conformidade com a legislação, os níveis máximos atingidos nos períodos P11C e P9S, devem ter induzido severos danos à biota aquática.

Figura 24. Valores médios de IQA's relacionados com Nitrogênio total (mg.L^{-1}) e pluviosidade (mm) dos Rios Jaguari e Atibaia nas épocas de chuva e seca, referente a 200 coletas efetuadas entre outubro / 2003 a março / 2015, em relação ao valor máximo permitido (VMP).



Fonte: elaborado pelo autor.

5.2.6 IQA, Fósforo total (Ft) e pluviosidade

O fósforo, um elemento químico fundamental à sobrevivência dos seres vivos, está presente em todos os ambientes. As águas dos Rios Jaguari e Atibaia apresentam-se em concentrações médias nas épocas de chuva e de seca que ultrapassam os limites estabelecidos pela legislação.

Rio Jaguari: As concentrações de Ft mais elevadas encontradas não coincidem com os maiores índices pluviométricos da época chuvosa. Verifica-se a não concordância desta afirmação para o período P4C quando a pluviosidade é a menor da época chuvosa estudada e o Ft não se encontra com valores tão baixos. Por outro lado, no período P10C a pluviosidade é baixa e o Ft é elevado.

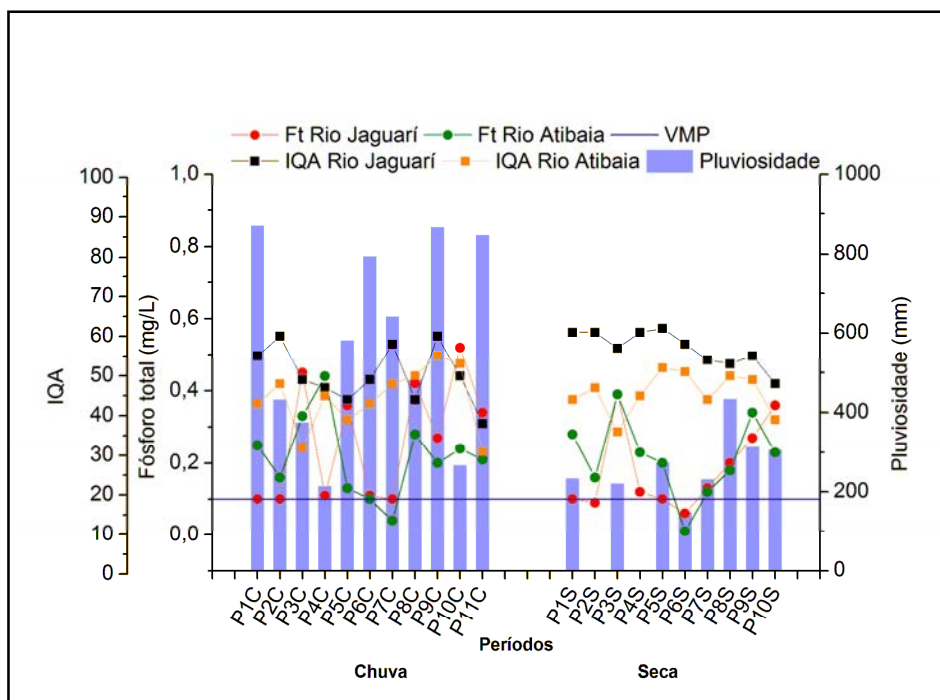
Na época de seca independente da pluviosidade o valor de Ft elevou-se do período P6S ao P10S e o valor do IQA mostra-se com tendência inversa para estes períodos, indicando menor qualidade das águas, conforme apresentado na Figura 25.

Rio Atibaia: na época de chuva o Rio Atibaia apresentou maiores teores de Ft em relação ao Rio Jaguari e mostra na Figura 25 que os valores dos IQA's nos períodos avaliados sem correlação com os valores pluviométricos.

Na época de seca, o valor de Ft aumentou dos períodos P6S ao P10S, indicando decaimento da qualidade das águas, embora que para o período P8S o índice pluviométrico foi o maior.

Pelos dados da Figura 25 pode-se inferir que a presença de Ft na água não está diretamente relacionada com as chuvas, mas com atividades antrópicas. Verifica-se onde os investimentos em saneamento não cercearam a presença de Ft na água no período de outubro de 2003 a março de 2015.

Figura 25. Valores médios de IQA's relacionados com Fósforo total (mg.L^{-1}) e pluviosidade (mm) dos Rios Jaguari e Atibaia nas épocas de chuva e seca, referente a 200 coletas efetuadas entre outubro / 2003 a março / 2015, em relação ao valor máximo permitido (VMP).



Fonte: elaborado pelo autor.

5.2.7 IQA, Sólidos Totais (St) e pluviosidade

As águas dos rios dependendo do seu percurso vão arrastando e solubilizando muita matéria que interfere no valor do IQA das águas.

Rio Jaguari: a Figura 26 indica que os valores de Sólidos Totais presentes nas águas do Rio Jaguari, não estão correlacionados com a pluviosidade como ocorre nos períodos P2C; P4C e P9C.

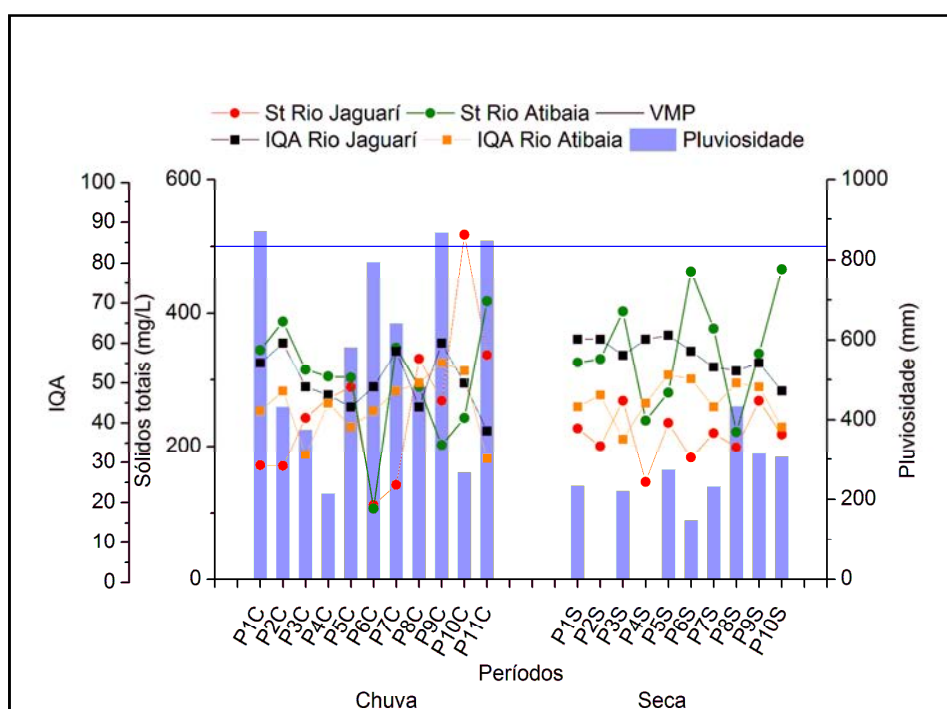
Os menores valores de St foram apresentados nos períodos P1C; P2C; P6C e P7C indicando relativa correlação com os valores de IQA's, porém o maior valor de St apresentado no período P10C não correlaciona com o melhor valor do IQA ou maior índice pluviométrico para a época chuvosa.

Na época de seca, os valores de St apresentaram com menor amplitude de variação, verificando que nos períodos P2S; P4S e P6S registrando menores índices de pluviosidade, menor valor de St e piores valores de IQA's.

Rio Atibaia: os valores encontrados de St na época chuvosa não estão em concordância com a pluviosidade. A Figura 26 mostra que os períodos de maior pluviosidade não são coincidentes com aqueles que apresentam os mais elevados índices de St como nos períodos P1C; P6C e P9C. Faz exceção ao período P11C em que a pluviosidade e o St são elevados, com forte decaimento do IQA.

Quanto à época de seca, o Rio Atibaia apresentou grande oscilação quanto ao St, e os menores valores de St não são coincidentes nos mesmos períodos com os valores de pluviosidade, não indicando uma correlação com os valores de IQA's.

Figura 26. Valores médios de IQA's relacionados com Sólidos Totais (mg.L^{-1}) e pluviosidade (mm) dos Rios Jaguari e Atibaia nas épocas de chuva e seca, referente a 200 coletas efetuadas entre outubro de 2003 a março de 2015, em relação ao valor máximo permitido (VMP).



Fonte: elaborado pelo autor.

5.2.8 IQA, Turbidez (Tz) e pluviosidade

Muitos fatores colaboram para induzir a Turbidez nas águas, especialmente das dos rios, onde as atividades antrópicas são intensas.

Rio Jaguari: na Figura 27 os valores de Tz dos períodos P1C; P9C e P11C não correspondem aos maiores índices de pluviosidades e mantendo valores dos IQA's baixos para a época chuvosa.

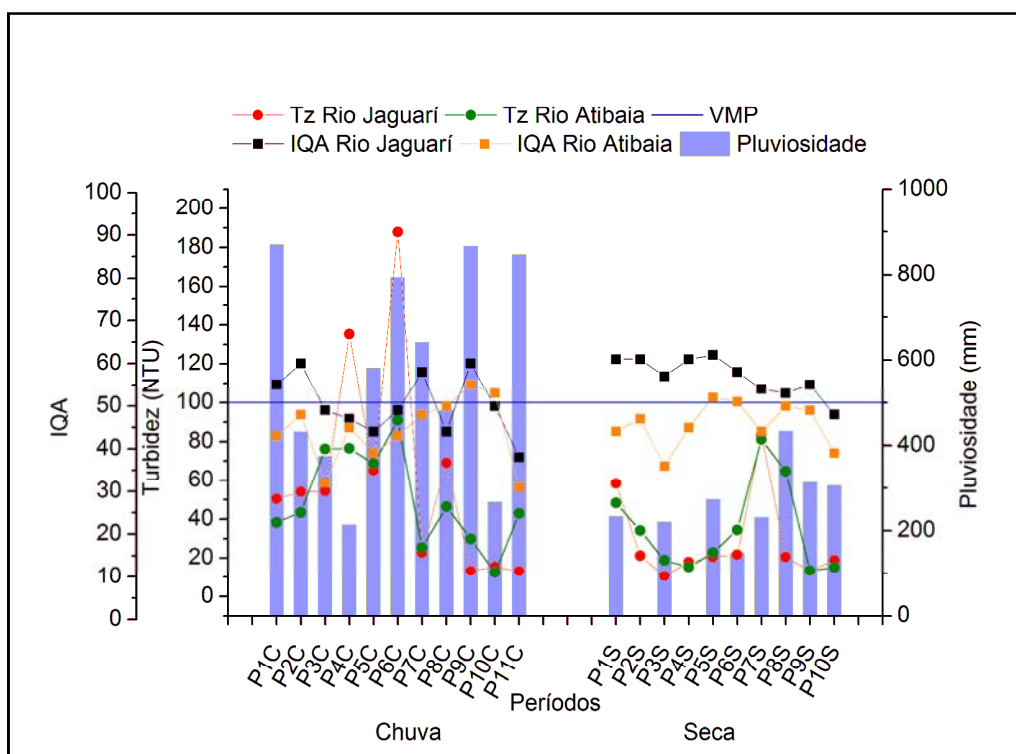
Os maiores valores de Tz foram encontrados nos períodos P4C e P6C, que correspondem respectivamente ao menor e médio índice de pluviosidade. Quanto aos valores dos IQA's, para a época de chuva, verifica-se na Figura 27 que mesmo com valor de Tz baixo, os valores dos IQA's também são baixos, indicando que a qualidade da água não é a desejada.

Na época de seca os valores dos IQA's apresentam-se mais estáveis, no entanto os valores de Tz apresentam picos, não coincidentes com os períodos de menores pluviosidades.

Rio Atibaia: a Tz desse rio sofreu menor oscilação na época de chuva em relação ao Rio Jaguari. Pode verificar na Figura 27, que o valor de Tz no período P10C com baixo índice de pluviosidade apresentou menor valor, enquanto que o valor do IQA neste período decaiu. Por outro lado com o alto índice de pluviosidade e a tendência para valores em declínio quanto ao IQA.

Ao se analisar na época de seca, o Rio Atibaia no período P10S, verifica-se na Figura 27, que os valores de Tz são baixos frente ao índice de pluviosidade média para a época, porém o IQA permaneceu com qualidade regular em 8 dos 10 períodos analisados.

Figura 27. Valores médios de IQA's relacionados com Turbidez (NTU) e pluviosidade (mm) dos Rios Jaguari e Atibaia nas épocas de chuva e seca, referente a 200 coletas efetuadas entre outubro de 2003 a março de 2015, em relação ao valor máximo permitido (VMP).



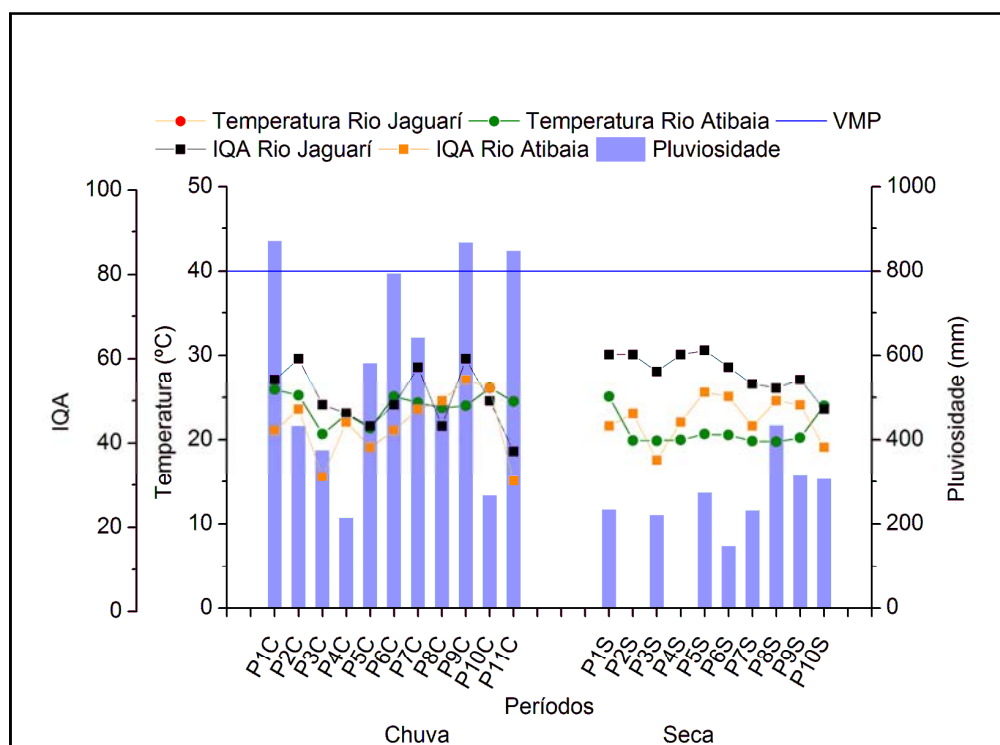
Fonte: elaborado pelo autor.

5.2.9 IQA, Temperatura (T) e pluviosidade

A temperatura constitui um dos parâmetros mais estáveis da água dos rios. Na área tropical em que estão inseridos os Rios Jaguari e Atibaia, as variações da média da temperatura nas apresentações dos períodos estudados não ultrapassaram de 7°C.

A Figura 28 mostra que a temperatura das águas dos Rios Jaguari e Atibaia não apresentou diferenças entre si na época chuvosa. A menor temperatura registrada não coincide com o melhor IQA e nem com a menor ou o maior índice de pluviosidade.

Figura 28. Valores médios de IQA's relacionados com Temperatura ($^{\circ}\text{C}$) e pluviosidade (mm) dos Rios Jaguari e Atibaia nas épocas de chuva e seca, referente a 200 coletas efetuadas entre outubro de 2003 a março de 2015, em relação ao valor máximo permitido (VMP).



Fonte: elaborado pelo autor.

5.3 Valores médios de IQA e pluviosidade

Os parâmetros de qualidade, que fazem parte do cálculo do IQA refletem, principalmente a contaminação dos corpos hídricos ocasionada pelo lançamento de esgotos domésticos. É importante também salientar que este índice foi desenvolvido para avaliar a qualidade das águas, tendo como determinante principal a sua utilização para o abastecimento público, considerando aspectos relativos ao tratamento dessas águas.

5.3.1 Valores médios de IQA classificados pela CETESB / 2010 comparados com os valores de pluviosidade

Quanto ao índice de qualidade das águas, referenciado pela CETESB/2010, verifica-se que também há diversidades nas classificações efetuadas e aplicadas em diferentes países e até em diferentes estados no Brasil. A Figura 29 sintetiza as avaliações das épocas de chuva e de seca durante o período de outubro de 2003 a março de 2015 nos Rios Jaguari e Atibaia, no município de Paulínia / SP.

Rio Jaguari: verifica-se que, quando incide pluviosidade de aproximadamente 470 mm ou mais na época de chuva, ocorreram valores de IQA classificados pela CETESB (2010) como bons de acordo com o apresentado na Figura 29, nos períodos P1C;P2C; P7C e P9C. Os períodos P5C; P6C, P8C e P11C embora com pluviosidade acima de 470 mm, os valores dos IQA's classificaram as águas em qualidade regular.

A análise da Figura 29 indica que em nenhum momento o rio esteve com qualidade ótima, e que os melhores índices foram apresentados nos períodos P9C (IQA = 61) e em P2C (IQA = 59). O período P2C não se encontra entre os maiores valores de índices de pluviosidade conforme apresentado nos períodos P1C e P9C.

Durante a época de seca, o período P10S configurou-se com índice de qualidade de água regular. Os demais períodos enquadraram-se como bons, sendo que os melhores valores de IQA's apresentaram-se para os períodos P1S; P2S e P5S. Os valores de IQA's nos demais períodos estão mais próximos da classificação regular do que em relação a classificação como ótimo.

Rio Atibaia: pela localização geográfica, este rio tem maior interferência e maior reúso. Analisando a Figura 29 verifica-se que nos períodos P3C e P11C apresentam valores dos IQA's classificando as águas como ruins.

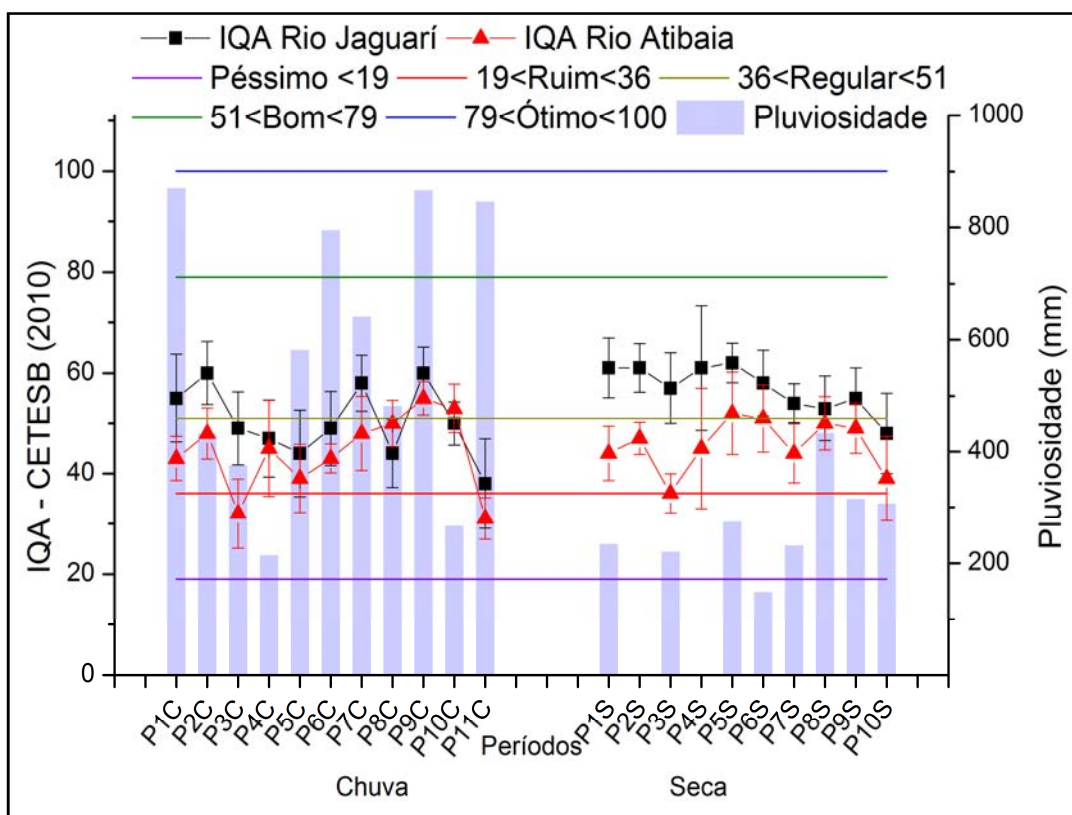
Na época de chuva, sete períodos em que apresentaram classificações de IQA's como regulares, na média de seus valores, estes apresentaram muito próximo aos limites para a classificação de ruins.

Na Figura 29, analisando as classificações dos períodos P9C e P10C, estes registraram seus valores de IQA's respectivamente de 56 e 54 classificados bons, porém valores considerados próximos aos índices das águas de qualidade regular.

Para época de seca, a classificação dos períodos P3S e P10S, apesar de obterem suas classificações em regular, seus valores estão muito próximos para a classificação ruim, isto indica alto grau de reúso da água não convenientemente tratado e que não estão vinculados aos índices de pluviosidade.

Diante dos dados inseridos na Figura 29 pode-se inferir que os valores dos IQA's das águas do Rio Atibaia são mais dependentes das poluições permanentes gerados pelos efluentes domésticos e industriais sem os devidos tratamentos.

Figura 29. Valores médios de IQA's – classificados pela CETESB-SP (2010) relacionados com a pluviosidade (mm) dos Rios Jaguarí e Atibaia nas épocas de chuva e seca, referente a 200 coletas efetuadas entre outubro / 2003 a março / 2015.



Fonte: elaborado pelo autor.

5.3.2 Valores médios de IQA classificados pelo CCME / 2001 comparados com os valores de pluviosidade

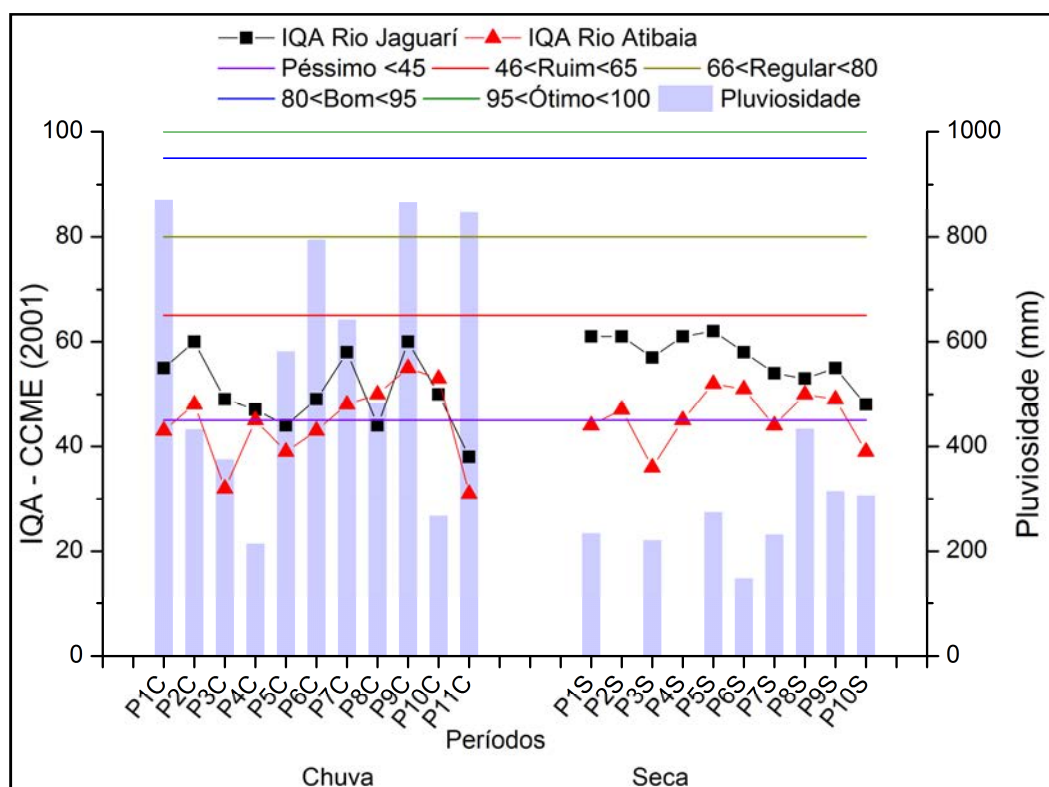
Analisando a Figura 30 que insere as classificações dos resultados obtidos dos IQA's dos Rios Jaguarí e Atibaia, nas épocas de chuva e de seca, baseando-se como referência a avaliação do CCME (2001), verifica-se a formação de índices de classificações diferentes e outras referências para a classificação da qualidade das águas, uma vez que as avaliações numericamente nas diferentes faixas são mais exigentes. Nessa avaliação, todos os períodos enquadram-se na classificação de qualidades ruins e péssimas, conforme os critérios de classificação do CCME/2001.

Pelo IQA – CCME/2001, a Figura 30 apresenta a classificação dos IQA's do Rio Jaguarí nos períodos P5C; P8C e P11C e no Rio Atibaia nos períodos P1C; P3C; P5C; P6C e P11C, ambos os rios apresentando condições péssimas.

Na época de seca, o Rio Jaguari apresentou classificação dos IQA's em todos os períodos em condições ruins, e o Rio Atibaia, nesta época, a classificação dos períodos P1S; P3S; P4S; P7S e P10S mantiveram-se péssimas.

Verifica-se pela Figura 30 que os IQA's em ambas as épocas, os períodos classificados péssimos e ruins, não coincidem na maioria com os valores mínimos e máximos dos índices de pluviosidade. Pelo IQA – CCME/2001 pode-se afirmar que o Canadá tem critérios mais exigentes com a qualidade das águas e por inferência com a saúde pública.

Figura 30. Valores médios de IQA's classificados pelo CCME (2001) relacionados com a pluviosidade (mm) dos Rios Jaguari e Atibaia nos períodos de chuva e seca, referente a 200 coletas efetuadas entre outubro de 2003 a março de 2015.



Fonte: elaborado pelo autor.

A Figura 29 e a Figura 30 com os valores dos IQA's classificados pela CETESB no Estado de São Paulo e pelo Canadá, foram apresentadas com intuito de alertar os administradores dos recursos hídricos brasileiros quanto à classificação da qualidade da água.

Águas com valores de IQA's baixo reportam sobre os cuidados com o meio ambiente e com a preservação da saúde humana e da vida aquática.

5.4 Avaliação das análises dos parâmetros do IQA, frente à Resolução CONAMA 357/2005

A legislação brasileira de avaliação da qualidade das águas estabelece limites mínimos e máximos de qualidade dos parâmetros para águas de diferentes classes de acordo com a Resolução CONAMA 357/2005.

Esta pesquisa elaborou 200 amostras em 11,5 anos, equivalentes há 138 meses (4.195 dias), em duas épocas: chuvosa e seca, reunindo os valores analisados dos parâmetros para os cálculos dos IQA's.

A Tabela 23 relata que do total das amostras coletadas e analisadas, os parâmetros analíticos para os cálculos dos IQA's muito deles apresentaram valores fora das especificações da legislação CONAMA 357/2005.

Dentre os parâmetros analíticos considerados para o cálculo do IQA no Estado de São Paulo pela CETESB /2010, tem-se o Fósforo total (Ft); Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO); *Escherichia coli* (*E. coli*); Oxigênio Dissolvido (OD); Turbidez (Tz); Concentração Hidrogeniônica (pH) e Temperatura (T). Entretanto os parâmetros pH e T mostraram-se com pequena significância, pois as águas mantiveram-se sua qualidade com relativa estabilidade frente a estes parâmetros.

Por outro lado, parâmetros como Demanda Química de Oxigênio (DQO) e Condutividade Elétrica (CE), não são considerados na recomendação da legislação brasileira. A Tabela 23 mostra a situação crítica do que se encontram os Rios Jaguari e Atibaia e sugere atenção especial para a proposta de reenquadramento dos rios de Classe II, quanto aos futuros investimentos para melhoria da qualidade das águas.

A Tabela 23 insere os dados de fósforo total, a DBO e *E. coli* que correspondem às maiores porcentagens do número de amostras em desacordo com a Resolução CONAMA 357/2005 para cada parâmetro componente do IQA nos rios Jaguari e Atibaia. Além disso, consta a estimativa do número de dias a partir do período de out/2003 a março/2015 em que cada parâmetro esteve em desacordo.

Tabela 23. Parâmetros de avaliação do IQA das coletas dos Rios Jaguari e Atibaia nas épocas de chuva e de seca e a estimativa de dias em que os valores não atenderam a legislação (Resolução CONAMA 357/2005).

Parâmetro	% de coletas e estimativa de dias em desacordo com a Resolução CONAMA 357/05							
	Rio Jaguari				Rio Atibaia			
	Chuvoso		Seco		Chuvoso		Seco	
	Coletas	*Dias	Coletas	*Dias	Coletas	*Dias	Coletas	*Dias
Ft	95	2061	94	1853	94	2039	89	1754
DBO	71	1540	68	1340	85	1844	85	1675
<i>E.coli</i>	61	1323	45	887	83	1800	76	1498
OD	38	824	18	355	41	889	21	414
Tz	21	455	3	59	15	325	4	79
St	7	152	2	39	7	152	11	217
Nt	1	22	0	0	11	239	11	217
pH	0	0	0	0	0	0	0	0
T	0	0	0	0	0	0	0	0

*Dias: número de dias em desacordo nos períodos chuvosos (2169 dias) e os períodos secos (1971 dias), total 4140 dias (138 meses) ou 11,5 anos.

Fonte: elaborado pelo autor.

No Rio Atibaia os parâmetros que estiveram em desacordo, na maior parte das coletas foi o fósforo total principalmente nas épocas chuvosas (94%), seguido pela DBO (85%) sem demonstrar influência sazonal. Estes parâmetros foram semelhantes no Rio Jaguari, porém a DBO no período seco foi aceitável em 71% das amostras em relação ao Atibaia, ainda assim com mais da metade das coletas em desacordo (68%).

A quantidade média de *E. coli* e de nitrogênio total a partir de 2003 a 2015 no Rio Atibaia evidência a presença de elementos predominantes no esgoto urbano ainda não devidamente tratado, especialmente na década passada. No Jaguari a poluição difusa proveniente de áreas adjacentes aumentou o desacordo em 16% das coletas do período chuvoso se comparado ao seco.

A turbidez do Rio Jaguari esteve em maior número de desacordo em períodos chuvosos (21% das coletas), enquanto no Atibaia 4% das amostras provenientes de épocas secas estiveram acima do ideal permitido para este parâmetro.

O pH e a temperatura em ambos os rios apresentaram relativa estabilidade ao longo do período 2003/2015, evidenciando que não foram registrados a influência de interferentes capazes de alterar significativamente as águas, portanto não representam neste trabalho valores importantes no cômputo de IQA.

5.5 Avaliação Estatística

A análise estatística foi aplicada mediante a técnica da regressão linear múltipla (MONTGOMERY et al., 2007) e também da análise de variância, mais conhecida como ANOVA (SCHEFFÉ, 1999). A regressão linear múltipla foi utilizada a fim de obter informações sobre quais parâmetros do IQA, foram os mais influentes, considerando-se a presença dos demais parâmetros. A ANOVA foi utilizada para comparação entre as médias dos subíndices do IQA e também do IQA entre os rios e também ao comparar períodos secos e chuvosos.

Nas Figuras 30 a 33 estão inseridos as médias do IQA e dos subíndices de cada parâmetro que o compõem. Para o cálculo desses valores, primeiramente foi realizado o cálculo da média de cada parâmetro durante os períodos estudados, sendo posteriormente calculados os subíndices e o IQA, baseados nessas médias. Tais cálculos foram efetuados no período de outubro de 2003 a abril de 2015, dos Rios Jaguari e Atibaia nas épocas de chuva e de seca.

5.5.1 Análises estatísticas dos valores de IQA do Rio Jaguari nas épocas de chuva e de seca

Os dados apresentados na Figura 31 e na Figura 32 referentes aos valores dos IQA's e dos nove parâmetros analisados do Rio Jaguari nas épocas de chuva e de seca, foram submetidos à análise estatística pelo ajuste da regressão linear múltipla, a fim de verificar qual dos parâmetros exerce maior influência no IQA final, trazendo efeito significativo mesmo considerando-se a presença dos outros parâmetros.

Para a realização destas análises foram utilizados os subíndices que compõem o IQA padronizados (entre 0 e 100), uma vez que a relação entre os parâmetros em sua escala original e o IQA nem sempre é linear. Utilizando-se tais subíndices da forma como estão apresentados nas análises a relação entre eles e o valor de IQA passa a ser linear, possibilitando a utilização de técnicas estatísticas, como a regressão linear.

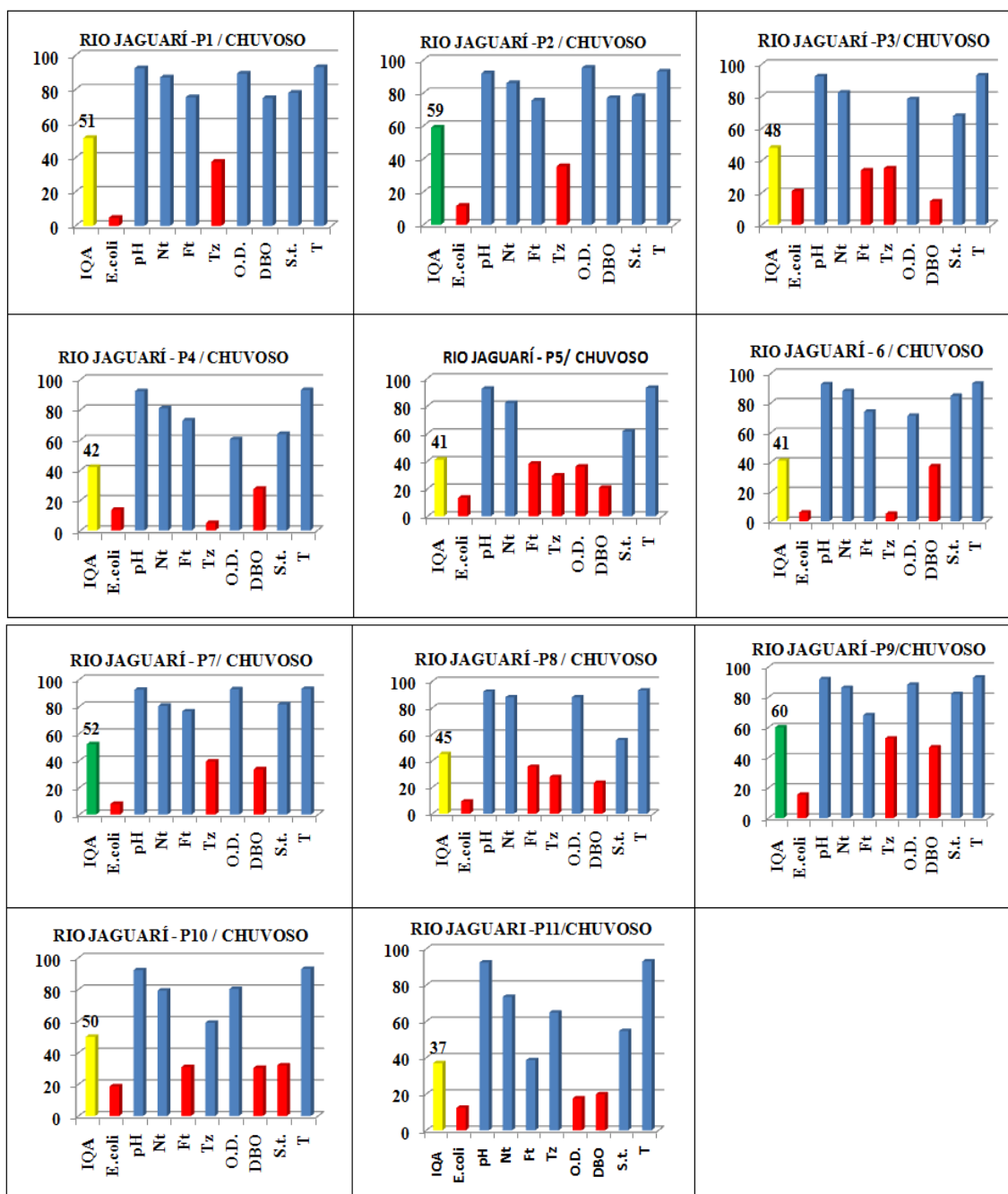
O Rio Jaguari na época de chuva, nos 11 períodos analisados conforme mostra a Figura 31 os valores dos IQA's classificados como regulares referem-se aos períodos P1C; P3C; P4C; P5C; P6C; P8C; P10C e P11C e que em P2C; P7C e P9C estão inseridos na classificação de bons.

A Figura 31 deixa claro que o Rio Jaguari na época de chuva os parâmetros que promovem a maior indução para que o IQA apresentasse em baixo índice foram; *E. coli* nos 11

períodos e a Tz em 9 períodos, sendo que o fósforo participou em 4 períodos. Na época de seca o Rio Jaguari apresentou suas águas de qualidade boa, conforme demonstra a Figura 32 sendo que nos períodos P8 e P10 apresentou classificado como regular. Embora na média a classificação permanecesse boa, os valores tendem a ruim. A *E. coli* nesta época, induziu a diminuição do valor do IQA nos 10 períodos e a Tz em 7 períodos.

Na época de seca o Rio Jaguari apresentou os IQA's mais estáveis em relação à época de chuva. Nestas épocas o Rio Jaguari a problemática inserida de maior índice foi referente ao parâmetro *E. coli* que pode estar presente na água por efeito de esgotos brutos descartados sem os devidos tratamentos. Na época de seca a Tz pode ser afetada principalmente pela presença de descartes de efluentes e esgotos mal tratados. Na época de chuva a *E. coli* permanece como fator importante assim como a Tz e a DBO participam pela somatória induzida pelas chuvas de segmentos do rio na ausência de mata ciliar na preservação da qualidade das águas.

Figura 31. Subíndices do IQA do Rio Jaguari na época de chuva.

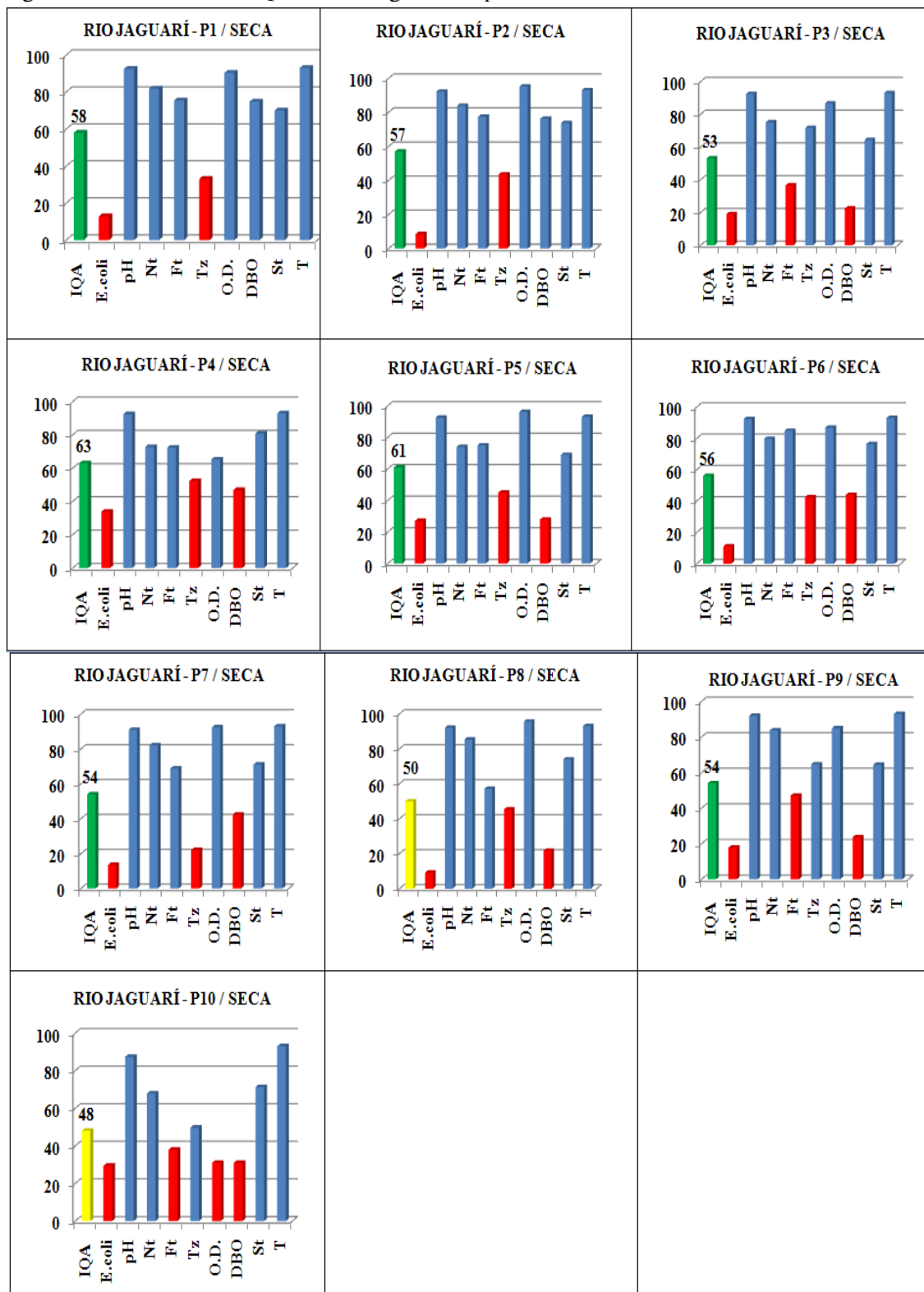


Fonte: elaborado pelo autor.

Na época de seca o Rio Jaguari apresentou os IQA's mais estáveis em relação à época de chuva. Nestas épocas para o Rio Jaguari a problemática inserida de maior índice foi referente ao parâmetro *E. coli* que pode estar presente na água por efeito de esgotos brutos descartados sem os devidos tratamentos. Na época de seca a Tz pode ser afetada principalmente pela presença de descartes de efluentes e esgotos mal tratados. A época de chuva a *E. coli* permanece como fator importante assim como a Tz e a DBO participam pela somatória induzida

pelas chuvas de segmentos do rio na ausência de mata ciliar na preservação da qualidade das águas.

Figura 32. Subíndices do IQA do Rio Jaguarí na época de seca.



Fonte: elaborado pelo autor.

5.5.2 Análise estatística dos valores de IQA do Rio Atibaia nas épocas de chuva e de seca

Os dados apresentados na Figura 33 e na Figura 34, referentes aos valores dos IQA's e dos nove parâmetros analisados do Rio Atibaia nas épocas de chuva e de seca, foram submetidos à análise estatística pelo ajuste da regressão linear múltipla, a fim de verificar qual dos parâmetros exerce maior influência no IQA final, trazendo efeito significativo mesmo levando-se em conta a presença dos outros parâmetros.

O Rio Atibaia na época de chuva, apresenta suas águas classificadas pelos valores de IQA's configurado regular nos períodos P1C; P2C; P4C; P7C; P8C e P9C; ruins nos períodos P3C; P5C; P6C e P11C e bom apenas no período P10C, conforme apresentado pela Figura 33.

A Figura 33 insere valores de IQA's preocupantes quanto à qualidade das águas do Rio Atibaia, uma vez que o melhor período P10C atingiu o valor 54, classificado bom; quanto à qualidade regular variou entre 42 e 51 e a ruim entre 29 e 36. Os resultados de IQA's foram comprometidos pelos parâmetros de *E. coli* em 11 períodos, DBO em 9 períodos, fósforo em 3 períodos e a turbidez em 6 períodos.

Conforme representado na Figura 34, na época de seca, as águas do Rio Atibaia apresentaram nos 10 períodos analisados resultados de IQA's classificado como ruins no período P3S igual a 33 e classificado regular nos demais períodos. Sendo que o maior valor classificado regular determinado foi de 47 e o menor valor foi de 38 nos períodos P8S e P10S respectivamente. Em todos os períodos analisados a *E. coli* foi o parâmetro que mais comprometeu nos valores dos IQA's, a DBO em 7 períodos e a Tz em 4 períodos.

Analisando o Rio Atibaia comparativamente na época de chuva com a de seca, verifica-se uma deterioração na qualidade de suas águas induzida pela entrada de efluentes ou esgotos com qualidade incompatível com água de rio de classe II e que o parâmetro *E. coli* mostrasse numericamente valores que podem inferir que os tratamentos de esgotos urbanos e efluentes industriais não estão atendendo as propostas de implantação das estações de tratamento de esgoto. O parâmetro *E. coli* de acordo com a Figura 34, mostra que induziu a diminuição do IQA em todos os períodos, a DBO em 7 períodos a Tz em 4 períodos.

Observa-se que o parâmetro Tz participou em 4 períodos na época de seca e em 6 períodos na época de chuva no Rio Atibaia, induzido pela falta da conservação de mata ciliar ao

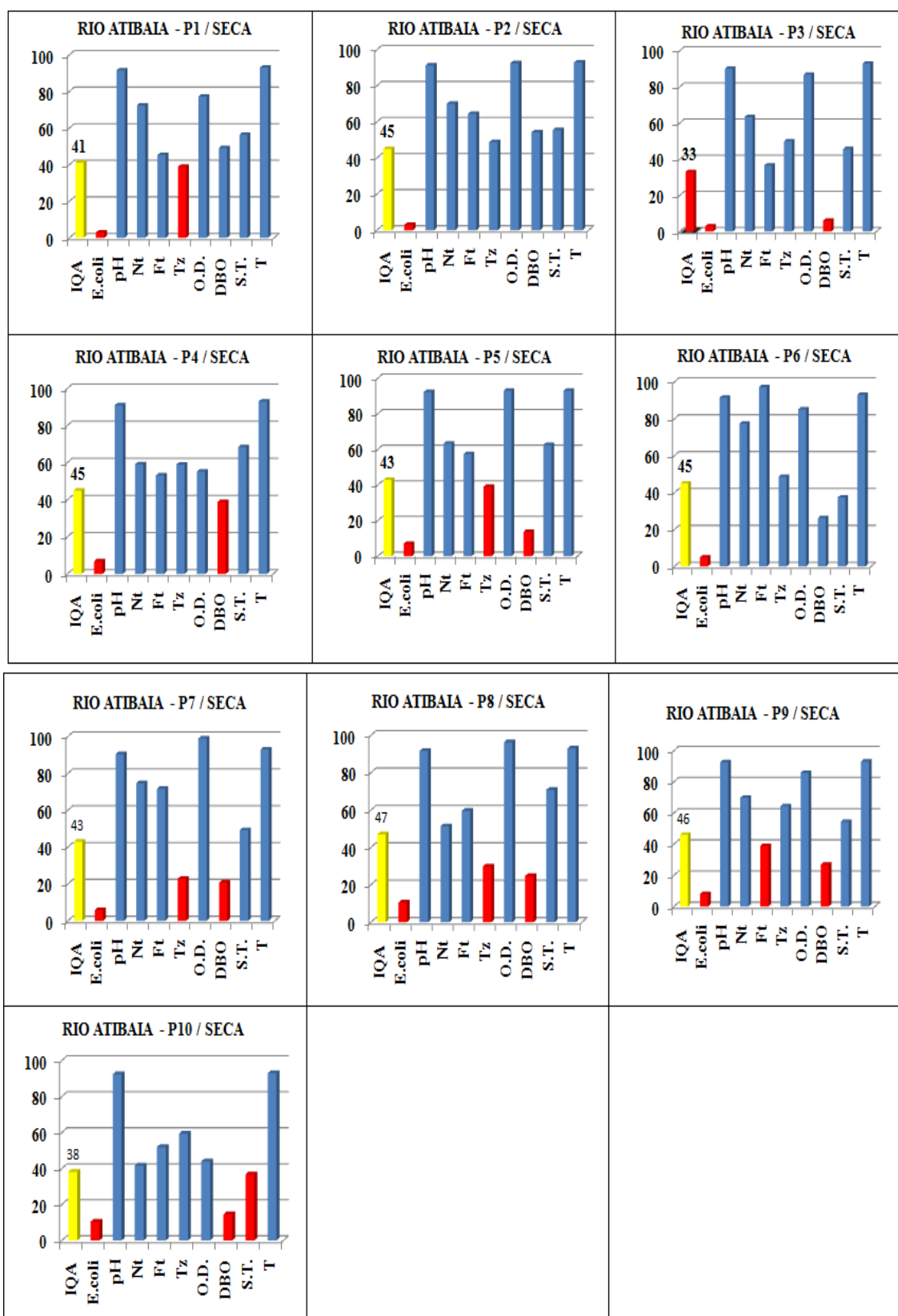
longo do percurso do rio, uma vez em que no período de seca este parâmetro apresenta em menor influência nos resultados dos IQA's.

Figura 33. Subíndices do IQA do Rio Atibaia na época de chuva.



Fonte: elaborado pelo autor.

Figura 34. Subíndices do IQA na época de seca.



Fonte: elaborado pelo autor.

5.5.3 Análise estatística de comparação dos parâmetros e dos IQA's entre os Rios Jaguari e Atibaia

Para verificar a influência dos subíndices que compõem o IQA, avaliando quais deles trazem maior influência para cada ponto da análise para os períodos chuvosos e secos, foi realizada a análise de regressão múltipla, com o IQA como resposta e os subíndices como variáveis explicativas. Evidentemente, todos os subíndices são importantes na construção do IQA, porém, através dessa análise, pode-se verificar quais deles exercem maior influência considerando a presença dos demais já no modelo, conforme demonstrado na Figura 35.

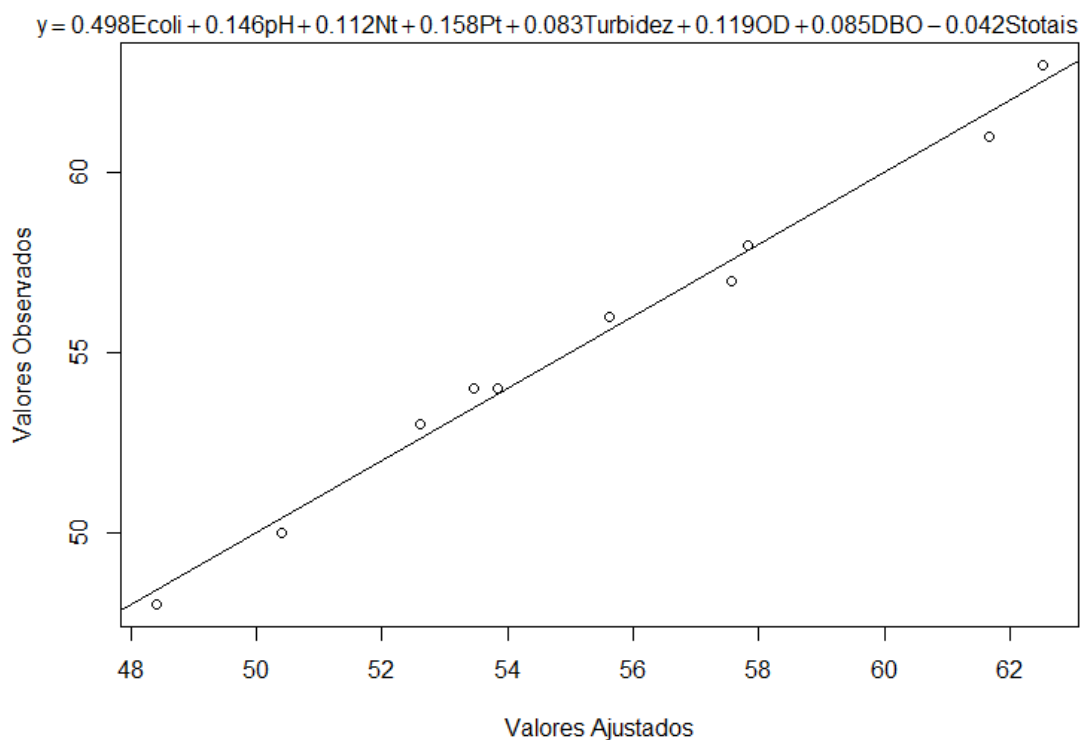
Comparando o IQA e também os subíndices que o compõem quanto aos resultados obtidos para cada rio, foi realizada a Análise de Variância (ANOVA). Também foram comparados possíveis efeitos dos períodos seco ou chuvoso nos resultados. Para este ensaio, foram considerados como fatores explicativos o local da coleta (Jaguari ou Atibaia) e o período (seco ou chuvoso), sendo a variável resposta o valor do IQA e posteriormente cada subíndice que o compõe.

5.5.3.1 Rio Jaguari em épocas de seca

Para a realização da análise de regressão linear múltipla, foi ajustado um modelo contendo o IQA como variável resposta e os subíndices q_i como variáveis explicativas. A temperatura não consta no modelo devido ao subíndice da mesma não ter variabilidade, uma vez que é considerado constante e com o valor $q_i=93$.

Para os períodos secos no Rio Jaguari, tem-se que o modelo aditivo utilizando todos os subíndices apresenta previsão positiva, o qual se esperava, uma vez que de fato são esses índices que compõem o IQA. O R^2 ajustado é de 0,9969, e segue o seguinte modelo e relação entre os valores observados e preditos, conforme demonstrado na Figura 35.

Figura 35. Modelo de regressão linear múltipla para o Rio Jaguari, nas épocas de seca.



Fonte: elaborado pelo autor.

Todos os parâmetros são importantes para o modelo, mas, analisando os p-valores da regressão linear múltipla, podemos verificar, considerando-se a presença dos demais parâmetros, qual deles traz novas informações para a variável resposta e assim exerce mais influência no IQA para esse rio e período.

Registrou-se grande influência de *E. coli* (p-valor<0.05), sendo esse parâmetro um dos maiores responsáveis por fazer com que o valor do IQA ficasse mais baixo e alguma influência também de Fósforo e DBO (p-valor<0.10). Principalmente no referente à *E. coli*, essa influência ocorre devido ao seu valor de IQA ser bastante baixo. Com a forma multiplicativa do IQA-CETESB isso acaba influenciando muito no valor final do índice.

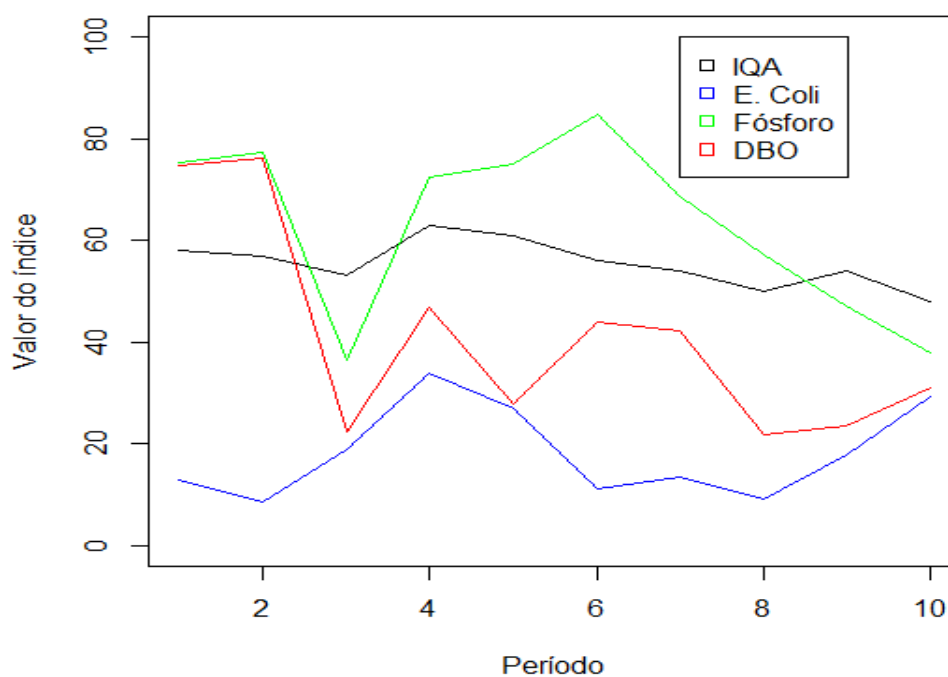
A Tabela 23, mostra a média e o desvio padrão de cada variável que compõe o IQA levando em conta todos os períodos de seca e a Figura 36 demonstra a distribuição dos valores das variáveis ao longo dos períodos comparada a esses subíndices e a tendência do valor IQA e às variáveis de maior influência nas épocas analisadas do Rio Jaguari.

Tabela 24. Valores dos subíndice de qualidade na classificação dos parâmetros nas épocas de seca do Rio Jaguari.

Variáveis	Rio Jaguari	
	Média	DP
<i>E.coli</i>	18,22	8,97
Tz	46,95	14,20
DBO	41,07	20,31
Ft	63,23	17,37
St	71,46	5,07
OD	82,42	20,19
Nt	78,61	5,86
pH	91,67	1,58
IQA	55,40	4,62

Fonte: elaborado pelo autor.

Figura 36. Distribuição do IQA ao longo dos períodos comparada aos subíndices das águas do Rio Jaguari nas épocas analisadas.



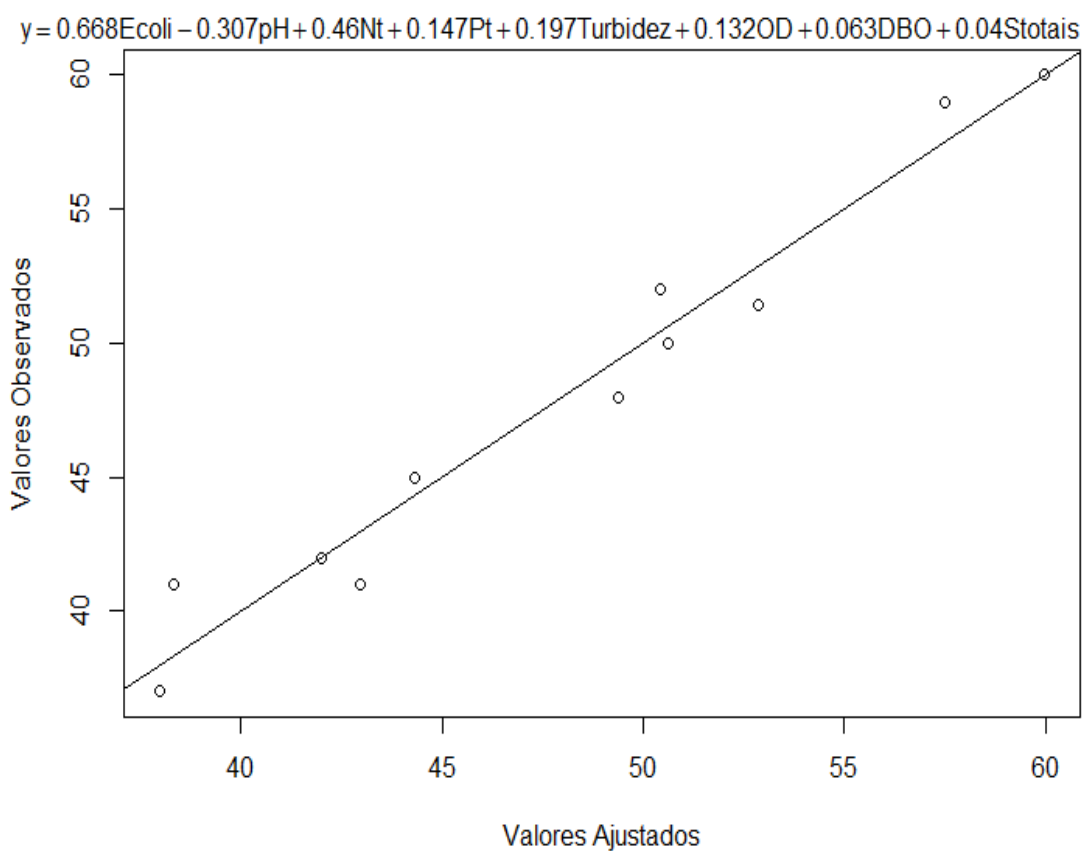
Fonte: elaborado pelo autor.

Registrou-se que o valor para o subíndice da *E. coli* de fato é muito baixo em todos os períodos secos do estudo para o Rio Jaguari. Além disso, foi possível constatar grande oscilação no que se refere ao fósforo e uma diminuição na qualidade quanto ao DBO, que nos primeiros períodos era boa, porém teve uma diminuição considerável nos períodos subsequentes.

5.5.3.2 Rio Jaguari em épocas chuvosas

Para as épocas chuvosas no Rio Jaguari, tem-se que o modelo aditivo utilizando todos os subíndices apresenta previsão positiva, a qual se esperava, uma vez que de fato são esses índices que compõem o IQA. O R^2 ajustado é de 0,9997. A Figura 37 apresenta o modelo e relação entre os valores observados e preditos dos parâmetros analisados para o cálculo e classificação do IQA das águas nas épocas analisadas.

Figura 37. Modelo de regressão linear múltipla para o Rio Jaguari nas épocas chuvosas.



Fonte: elaborado pelo autor.

Todos os parâmetros são importantes para o modelo, mas, analisando os p-valores da regressão linear múltipla, pode-se verificar, considerando a presença dos demais parâmetros, qual deles traz novas informações para a variável resposta e assim exerce mais influência no IQA para esse rio e período.

Constatou-se alguma influência de *E. coli* ($p\text{-valor} < 0.10$), sendo esse parâmetro o maior por induzir o valor do IQA para baixo. Mais uma vez, essa influência ocorre devido ao seu valor de IQA ser bastante baixo. Com a forma multiplicativa do IQA-CETESB isso acaba

influenciando bastante no valor final do índice. As outras variáveis com p-valor mais próximo de 0.10 são DBO (p-valor=0.106) e Turbidez (p-valor=0.11).

A Tabela 25 mostra o comportamento médio e a variabilidade desses subíndices levando-se em conta o Rio Jaguari nos períodos chuvosos.

Tabela 25. Valores dos subíndice de qualidade na classificação dos parâmetros nas épocas chuvosas.

Variáveis	Rio Jaguari	
	Média	DP
<i>E. coli</i>	12,18	5,09
Tz	35,57	19,20
DBO	36,87	21,26
Ft	56,28	20,17
St	67,22	15,94
OD	72,44	25,06
Nt	83,05	4,46
pH	92,26	0,23
IQA	47,86	7,49

Fonte: elaborado pelo autor.

Os dados da Tabela 25 indicam que o valor para o subíndice da *E. coli* é baixo durante todos os períodos chuvosos. A Turbidez apresenta valores baixos nos primeiros períodos chuvosos. Ainda é preciso verificar que nos últimos períodos chuvosos para o rio Jaguari, a DBO e o IQA tiveram grande queda nos subíndices, seguindo uma tendência semelhante com a da queda da qualidade na DBO.

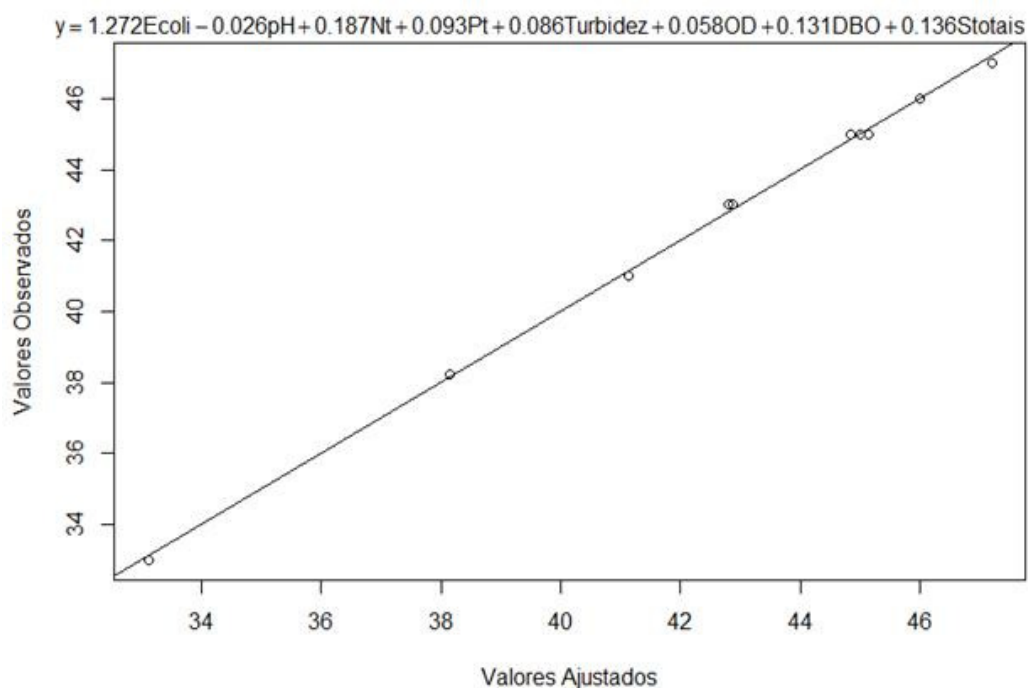
5.5.3.3 Rio Atibaia em épocas de seca

Para os períodos secos no Rio Atibaia, tem-se que o modelo aditivo utilizando todos os subíndices apresenta previsão positiva, o que se esperava, uma vez que de fato são esses índices que compõem o IQA. O R^2 ajustado é 1, e tem-se o seguinte modelo e relação de regressão linear múltipla entre os valores observados e preditos conforme demonstrado na Figura 38.

Todos os parâmetros são importantes para o modelo, mas, analisando os p-valores da regressão linear múltipla, pode-se verificar, considerando a presença dos demais

parâmetros, qual deles traz novas informações para a variável resposta e assim exerce mais influência no IQA para esse rio e período do Rio Atibaia.

Figura 38. Modelo de regressão linear múltipla para o Rio Atibaia, períodos secos.



Fonte: elaborado pelo autor.

Registra-se que agora o único parâmetro que apresenta p-valor acima de 0,05 é o pH. Todos os demais parâmetros têm p-valores abaixo de 0,05, havendo assim indícios de que todos eles acrescentam informações novas que não se encontram nos demais parâmetros e exercem influência grande no IQA em algum momento.

A Tabela 26, mostra o comportamento médio e a variabilidade desses subíndices levando-se em conta o Rio Atibaia levando-se em conta todos os períodos secos do estudo.

Tabela 26. Valores dos subíndices de qualidade na classificação dos parâmetros nas épocas de seca analisados no Rio Atibaia.

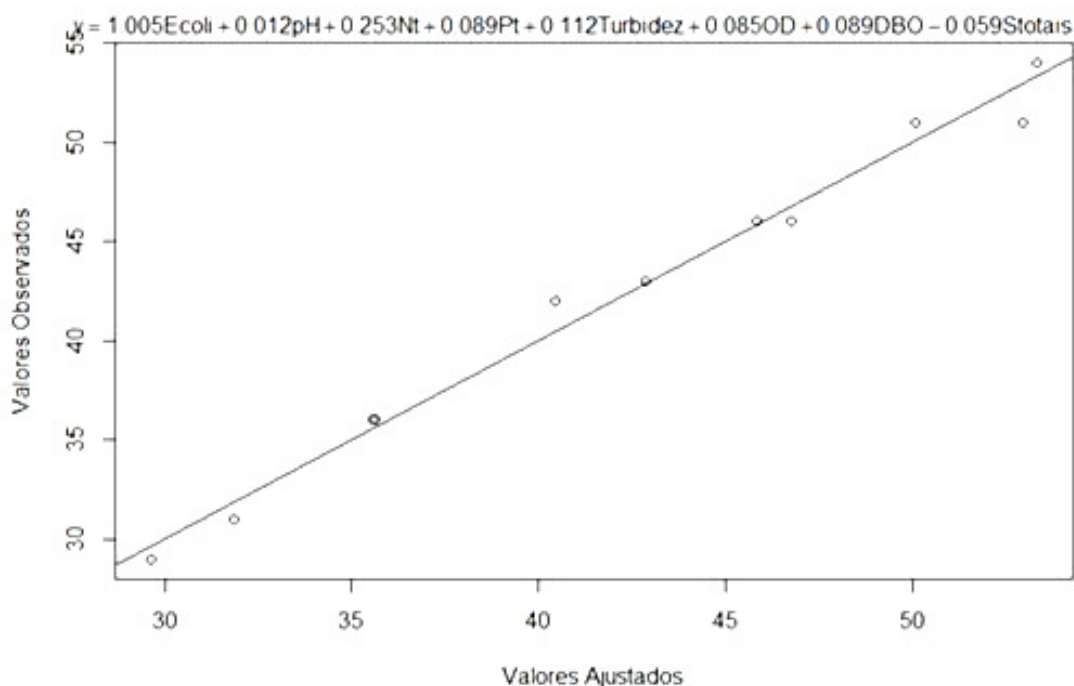
Variáveis	Rio Atibaia	
	Média	DP
<i>E.coli</i>	6,26	2,86
Tz	46,07	13,42
DBO	27,53	15,59
Ft	57,60	17,66
St	53,69	11,72
OD	81,49	18,13
Nt	64,30	11,11
pH	91,47	0,81
IQA	42,62	4,25

Fonte: elaborado pelo autor.

5.5.3.4 Rio Atibaia em épocas chuvosas

Para as épocas de chuva no Rio Atibaia, tem-se que o modelo aditivo utilizando todos os subíndices apresenta previsão positiva, o qual se esperava, uma vez que de fato são esses índices que compõem o IQA. O R^2 ajustado é 0,9983, e tem-se que o seguinte modelo e relação entre os valores observados e preditos, conforme demonstrado na Figura 39.

Figura 39. Modelo de regressão linear múltipla para o Rio Atibaia, nas épocas chuvosas.



Fonte: elaborado pelo autor.

Todos os parâmetros são importantes para o modelo, mas, analisando os p-valores da regressão linear múltipla, pode-se verificar, considerando a presença dos demais parâmetros, qual deles traz novas informações para a variável resposta e assim exerce mais influência no IQA para esse rio e período.

Registrou-se que para o rio Atibaia nos períodos chuvosos a *E. coli* é muito influente no modelo aditivo (p-valor<0.05), sendo que também o Nitrogênio um tanto quanto influente (p-valor<0.10). A outra variável que fica próximo do p-valor 0.10 é a OD (p-valor=0.102).

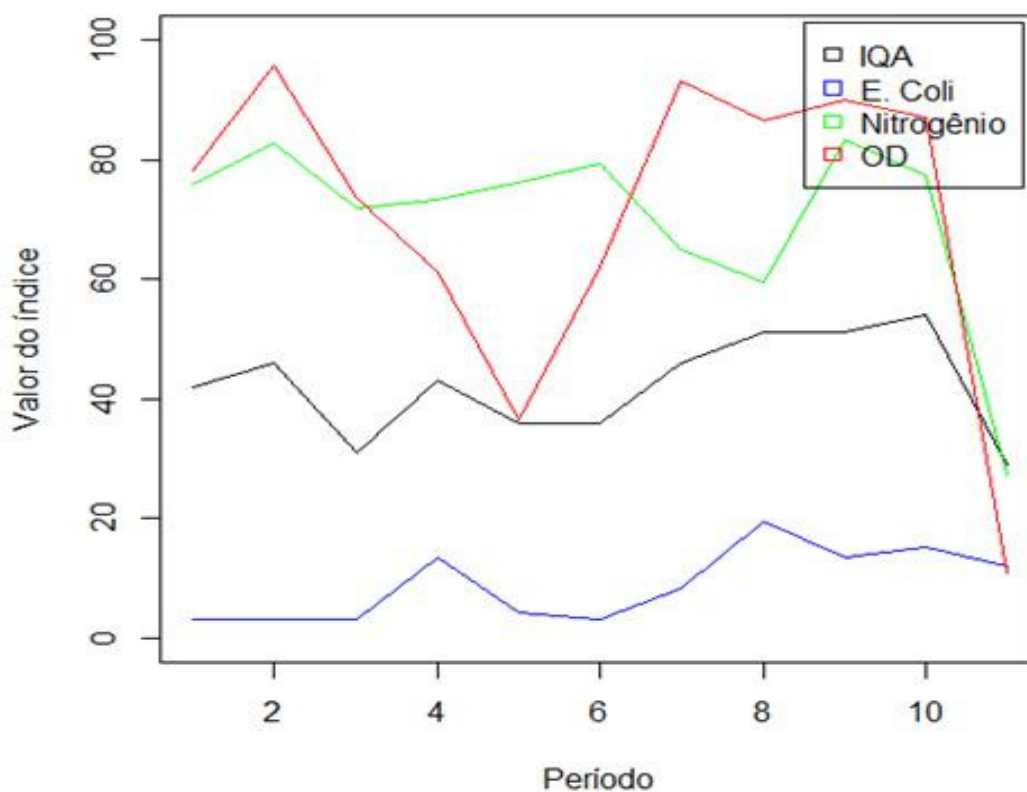
A Tabela 27 mostra a média e o desvio padrão de cada variável que compõe o IQA levando em conta todos os períodos de chuva e a Figura 40 demonstra a distribuição dos valores das variáveis ao longo dos períodos comparada a esses subíndices e a tendência do valor IQA e as variáveis de maior influência nas épocas analisadas do Rio Atibaia.

Tabela 27. Valores dos subíndices de qualidade na classificação dos parâmetros nas épocas chuvosas analisados no Rio Atibaia.

Variáveis	Rio Atibaia	
	Média	DP
<i>E.coli</i>	8,91	6,02
Tz	40,19	14,87
DBO	27,60	17,78
Ft	57,24	16,37
St	60,14	11,60
OD	70,39	26,49
Nt	70,12	15,89
pH	91,58	0,90
IQA	42,27	8,37

Fonte: elaborado pelo autor.

Figura 40. Distribuição do IQA ao longo dos períodos comparada aos subíndices das águas do Rio Atibaia nas épocas analisadas.



Fonte: elaborado pelo autor.

A DBO apresenta valores muito baixos durante todo o período. Ainda é importante verificar que o IQA vem diminuindo nos últimos períodos o que também ocorre de maneira bastante forte com os subíndices de Nitrogênio e OD, que apresentaram uma piora bastante brusca nos períodos mais recentes.

5.5.3.5 Análise de variância

Os resultados da ANOVA mostram que existe diferença significativa entre os rios Jaguari e Atibaia quanto ao IQA e também quanto a alguns dos subíndices dos parâmetros que o compõem, conforme demonstrado nas Figura 41 à Figura 44.

Os parâmetros que apresentam diferença significativa entre os rios são *E. coli*, Nt e St para (p -valor <0.05), além de se verificar alguma diferença quanto à DBO (p -valor <0.10). Além disso, o IQA também é estatisticamente diferente entre os rios Jaguari e Atibaia (p -valor <0.05).

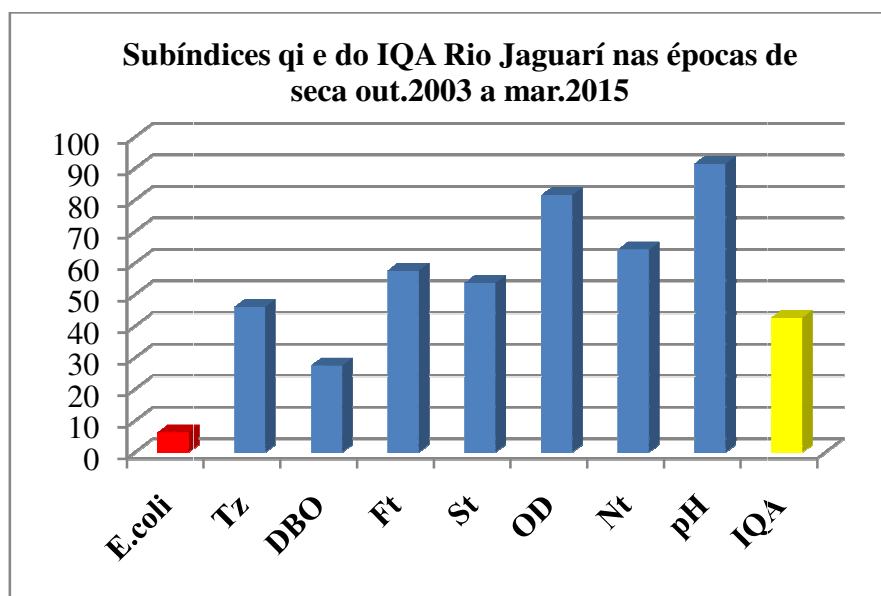
Em todos os parâmetros e também no resultado IQA a qualidade da água no Atibaia em geral é pior que a do Jaguari, conforme apresentado na Tabela 28 e Figura 41.

Tabela 28. Média dos subíndices q_i e do IQA para os Rios Jaguari e Atibaia na época analisada.

Variável	Jaguari	Atibaia
	Média	Média
<i>E.coli</i>	15,198	7,590
Tz	91,968	91,528
DBO	80,829	67,211
Ft	59,753	57,418
St	41,260	43,132
OD	77,432	75,943
Nt	38,974	27,568
pH	69,343	56,916
IQA	51,629	42,447

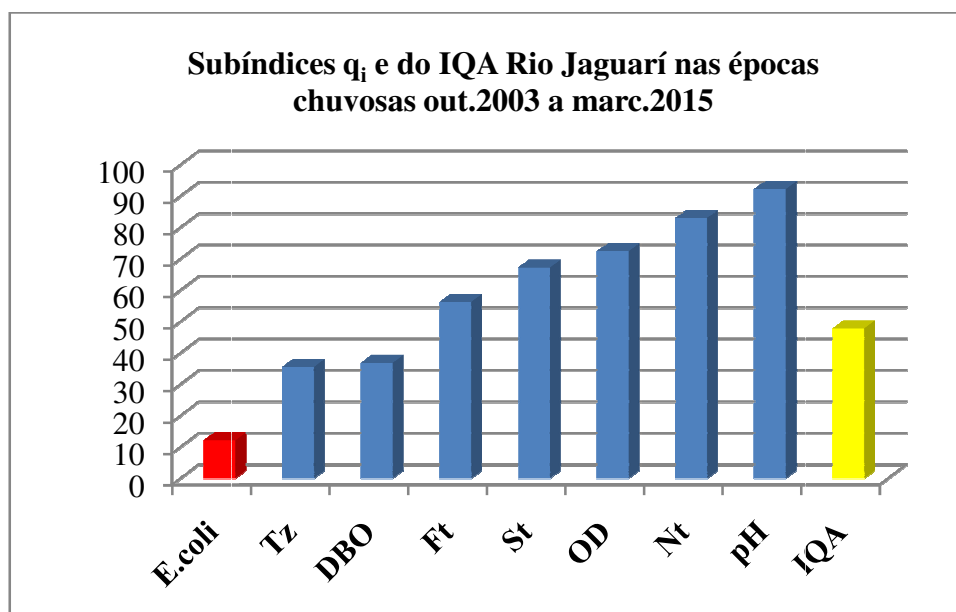
Fonte: elaborado pelo autor.

Figura 41. Médias dos subíndices q_i e do IQA Rio Jaguari época seca.



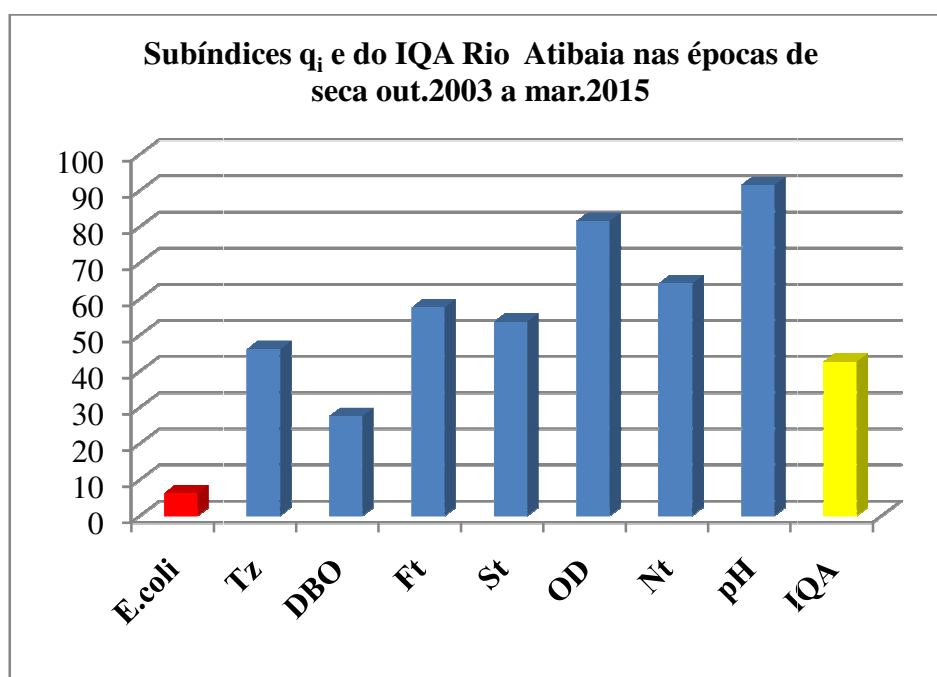
Fonte: elaborado pelo autor.

Figura 42. Médias dos subíndices q_i e do IQA Rio Jaguari época chuvosa.



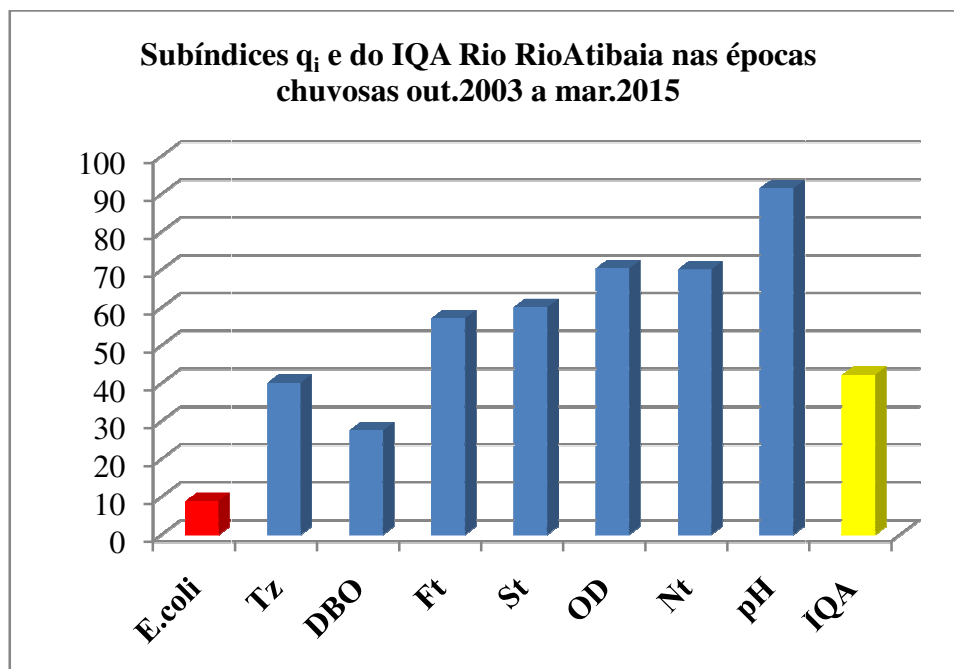
Fonte: elaborado pelo autor.

Figura 43. Média dos subíndices q_i e do IQA do Rio Atibaia nas épocas de seca.



Fonte: elaborado pelo autor.

Figura 44. Média dos subíndices q_i e do IQA do Rio Atibaia nas épocas chuvosas.



Fonte: elaborado pelo autor.

A avaliação pelos subíndices q_i , é a verificação de que, ao generalizar a classificação do IQA, a variável fósforo, por exemplo, apresenta um q_i equivalente à classificação como “boa”. Apesar disso, como se pode ver na Tabela 29, grande parte das amostras analisadas apresentam desconformidade com os padrões exigidos para o fósforo.

Isso traz evidências de que o subíndice de qualidade do fósforo não captou muito bem tais desconformidades, porém, é notável que essa classificação como qualidade “boa” para o fósforo só ocorre devido ao fato de o IQA para o estado de São Paulo ser menos exigente que nas classificações, se comparado ao utilizado para outros estados brasileiros, que é similar ao original proposto pela NSF (BROW et al., 1970).

Verificando os resultados, e considerando a comparação de períodos secos e chuvosos, para cada um dos rios, verifica-se que para o Rio Jaguari há diferenças razoavelmente significativas entre os períodos secos e chuvosos para a *E. coli* e o Nt (p -valor $<0,10$). Além disso, há diferença significativa (p -valor $<0,05$) para o IQA entre os períodos no Rio Jaguari.

Para o IQA e para a *E. coli* os períodos secos apresentam melhor resultado, enquanto para o nitrogênio os períodos chuvosos tem subíndices maiores, como pode-se ver na Tabela 29.

Tabela 29. Valores dos q_i e do IQA para os períodos chuvosos e secos do Rio Jaguari.

Variáveis	Rio Jaguari			
	Chuvoso	DP	Seco	DP
<i>E.coli</i>	12,18	5,09	18,22	8,97
Tz	35,57	19,20	46,95	14,20
DBO	36,87	21,26	41,07	20,31
Ft	56,28	20,17	63,23	17,37
St	67,22	15,94	71,46	5,07
OD	72,44	25,06	82,42	20,19
Nt	83,05	4,46	78,61	5,86
pH	92,26	0,23	91,67	1,58
IQA	47,86	7,49	55,40	4,62

Fonte: elaborado pelo autor.

Para o Rio Atibaia os períodos secos e chuvosos não apresentam influência significativa nos subíndices de qualidade de nenhum dos parâmetros e nem mesmo no valor do IQA, de acordo com a Tabela 30.

Tabela 30. Valores dos q_i e do IQA para nos períodos chuvosos e secos do Rio Atibaia.

Variáveis	Rio Atibaia			
	Chuvoso	DP	Seco	DP
<i>E.coli</i>	8,91	6,02	6,26	2,86
Tz	40,19	14,87	46,07	13,42
DBO	27,60	17,78	27,53	15,59
Ft	57,24	16,37	57,60	17,66
St	60,14	11,60	53,69	11,72
OD	70,39	26,49	81,49	18,13
Nt	70,12	15,89	64,30	11,11
pH	91,58	0,90	91,47	0,81
IQA	42,27	8,37	42,62	4,25

Fonte: elaborado pelo autor.

5.6 Resultados das avaliações dos ensaios de toxicidade

5.6.1 Toxicidade aguda empregando-se *Daphnia similis* (*D. similis*)

Apesar da considerável influência antrópica em ambos os rios, nas coletas efetuadas a partir de 2003 a 2015 não foi detectado potencial para causar toxicidade aguda a *D. similis*, em todas as amostras coletadas nos 21 períodos analisados de (outubro/2003 a janeiro/2015) sob as condições do ensaio, conforme a Tabela 31.

Tabela 31. Toxicidade aguda empregando-se *D. similis* nas águas do Jaguari e Atibaia, no período de 2003 a 2015, média de 11 períodos chuvosos e 10 secos (103 e 97 coletas, respectivamente).

Períodos	Período chuvoso		Período seco	
	Jaguari	Atibaia	Jaguari	Atibaia
P1	NT	NT	NT	NT
P2	NT	NT	NT	NT
P3	NT	NT	NT	NT
P4	NT	NT	NT	NT
P5	NT	NT	NT	NT
P6	NT	NT	NT	NT
P7	NT	NT	NT	NT
P8	NT	NT	NT	NT
P9	NT	NT	NT	NT
P10	NT	NT	NT	NT
P11	NT	NT	-	-

Fonte: elaborado pelo autor. - NT (Não tóxico).

Estes ensaios não revelaram potencial das águas para causar toxicidade aguda à *D. similis*, considerando-se os índices de mortalidade inferiores a 50% dos organismos nas águas do Jaguari e Atibaia. Sob este aspecto, pode-se inferir que estes corpos hídricos não se encontravam contaminados em níveis capazes de causar danos agudos ao microcrustáceo e consequentemente à biota local.

Zagatto & Gherardi-Goldstein (1991) constataram que dentre 213 amostras de água de rios e reservatórios do Estado de São Paulo nos ensaios com *Daphnia similis*, 22 apresentaram efeito tóxico agudo, num período de 5 anos de pesquisa.

Os ensaios de toxicidade aguda com *D. similis*, de avaliação rápida, não detectou toxicidade nas águas do Atibaia no período de 2003 a 2015, que percorrem extensa área altamente urbanizada e industrializada e nem no Jaguari que sofre forte influência da poluição difusa advinda da região agrícola predominante em seu percurso.

5.6.2 Toxicidade crônica empregando-se *Ceriodaphnia dubia* (*C. dubia*)

Os resultados de toxicidade crônica de *C. dubia* foram baseados na taxa de natalidade durante sete dias. Considerou-se segundo a Norma, toxicidade crônica quando houve diferença menor que 79% entre as taxas de natalidade do ensaio e do controle.

No período seco a partir de 2004 a 2014 não foi observado no Rio Jaguari potencial para causar toxicidade crônica à *C. dubia* na maior parte das coletas, exceto as dos meses chuvosos de novembro e dezembro/2014. O Rio Atibaia apresentou toxicidade esporádica nas coletas em ambos os períodos a partir de 2010 (meses de maio e agosto), 2014 (setembro, novembro) e janeiro 2015, conforme a Tabela 32.

Tabela 32. Avaliação temporal da toxicidade crônica para *C. dubia* das águas do Jaguari e Atibaia à *C. dubia*, no período P4, de 2007 a 2015.

Período	Período chuvoso			Período seco		
	Data	Jaguari	Atibaia	Data	Jaguari	Atibaia
P1		-	-		-	-
P2		-	-		-	-
P3		-	-		-	-
P4	19/03/08	NT	NT	15/08/07	NT	NT
P5	04/02/09	NT	NT	03/08/08	NT	NT
P6	04/02/10	NT	T	20/05/10	NT	T
				12/08/10	NT	T
P7	27/10/10	NT	NT	-	-	-
P8	31/10/11	NT	NT	01/08/12	NT	NT
P9	20/03/12	NT	NT	14/05/13	NT	NT
P10	04/02/13	NT	NT	23/09/14	NT	T
	10/11/14	NT	T			
	24/11/10	T	NT			
	01/12/14	T	NT			
P11	28/01/15	NT	T			

Fonte: elaborado pelo autor. - NT (Não tóxico) T (Tóxico).

Considerando-se o número de amostras, o potencial de toxicidade das águas do Atibaia à *C. dubia* foi semelhante (21 e 30% nos períodos chuvosos e secos, respectivamente). Enquanto no Jaguari foram 14 % em épocas chuvosas e ausentes nos períodos de seca. A baixa pluviosidade controlou a poluição difusa proveniente da região agrícola, favorecendo as condições de sobrevivência do microcrustáceo. No Atibaia, os contaminantes orgânicos e químicos contribuíram para aumentar o grau de toxicidade, independente da época do ano.

As toxicidades registradas são indícios de que um ou mais agentes tóxicos foram liberados em eventos periódicos, ou estão presentes em concentrações sub-letais que se concentram na água em alguns períodos. 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.

Oliveira-Filho et al., (2011), na maioria dos ensaios com *C. dubia*, atribuíram que a ausência de toxicidade foi devido à presença de matéria orgânica proveniente de efluente doméstico, que estimulou a reprodução do microcrustáceo. Desta forma, os autores ressaltaram a necessidade do monitoramento contínuo, em razão da variação constante na composição de esgoto.

Alves e Cobo (2014) consideraram o organismo-teste *C. dubia* eficiente como bioindicador da qualidade da água, fornecendo resultados coerentes durante a execução dos ensaios. Estes autores avaliaram a qualidade da água do Rio Una responsável pelo abastecimento público do município de Taubaté, utilizando-se o microcrustáceo como bioindicador para ensaios de toxicidade aguda e crônica. Ao correlacionar a taxa de natalidade do organismo-teste. Os autores não observaram correlações significativas em relação à precipitação em nenhuma das amostras, como foi observado nas coletas efetuadas no Atibaia. Para o oxigênio dissolvido registrou-se correlação positiva nas sub-bacias Sete Voltas e Médio Una. Não foi detectada toxicidade aguda na totalidade das amostras, e em algumas coletas foi verificada toxicidade crônica.

Carvalho et al. (2000) avaliaram a água de dois ribeirões, do Onça e do Feijão, em São Carlos - SP, e observaram que a correlação da pluviosidade com alguns parâmetros físico-químicos, não foi significativa para as coletas realizadas no inverno, e significativas quando realizadas no verão. Os autores caracterizam a água desses dois ribeirões como “melhor” no inverno que no verão, e atribuem este efeito à precipitação, que ao contrário de diluir a concentração de resíduos, aumentaria o escoamento superficial do solo. Isto resulta num Índice de Qualidade de Água (IQA) menor e diminui a qualidade da água, o que corrobora com os resultados encontrados na presente pesquisa.

A Resolução CONAMA357/2005 (BRASIL, 2005) estabelece como condição de qualidade que rios de classe 1 e 2 devem apresentar ausência de efeito tóxico crônico a organismos. Assim, no período de 2006 a 2015, diversas coletas efetuadas nas águas do Jaguari e

Atibaia, segundo a legislação vigente estiveram enquadradas na classe 3, quanto ao seu potencial de risco tóxico a *C. dubia*, daí a importância do monitoramento constante.

5.6.3 Toxicidade crônica empregando-se *Dugesia tigrina* (*D. tigrina*).

Comparou-se os níveis de sobrevivência de *D. tigrina* após 30 dias de exposição às águas do Rio Jaguari, Atibaia e do controle (água de cultivo desses organismos) conforme a Tabela 33.

Tabela 33. Porcentagem média de sobrevivência ao final de 30 dias de ensaio com *D. tigrina* nas águas do controle, Rio Jaguari e Atibaia, ao longo dos períodos chuvosos e secos, de 2006 a 2015.

Períodos chuvosos					Períodos secos			
Data	Período	Controle	Jaguari	Atibaia	Data	Controle	Jaguari	Atibaia
18/01/06	P3	86,0	74,0	84,0	13/07/06	92,2	100,0	77,7
18/10/06		90,0	88,0	98,0	11/08/06	90,0	90,0	100,0
11/01/07	P4	95,0	64,1	72,5	20/08/07	97,5	100,0	97,4
14/03/07		95,0	100,0	97,5	24/07/08	85,0	98,0	98,0
08/10/07	P5	90,0	88,0	98,0	20/08/08	97,5	85,0	97,7
19/03/08		100,0	100,0	97,5	26/08/08	97,5	97,5	87,5
10/01/09		100,0	100,0	100,0	04/08/10	92,5	90,0	95,0
06/01/10	P6	100,0	97,5	100,0	22/09/10	90,0	85,0	77,5
03/03/10		95,0	80,0	98,0	01/08/12	100,0	95,0	95,0
27/10/10	P7	95,0	75,0	82,5	03/09/12	100,0	95,0	00,0
31/10/11	P8	92,5	90,0	95,0	15/05/13	98,0	83,0	70,0
01/03/12	P9	100,0	98,0	93,0	14/08/13	95,0	93,0	98,0
04/02/13	P10	98,0	90,0	93,0	06/05/14	98,0	83,0	70,0
24/11/14	P11	95,0	98,0	80,0	-	-	-	-
		100,0	90,0	90,0	-	-	-	-
	Média	95,43	88,84	91,93	Média	94,9	91,1	89,5
	DP	4,38	11,10	8,41	DP	4,6	5,9	11,6

Fonte: elaborado pelo autor. - DP (Desvio padrão).

A média geral de sobrevivência das planárias no controle foi semelhante em ambos os períodos (94,3 e 94,9%) e o desvio padrão idêntico (próximo a 5%). No Jaguari, os períodos chuvosos geraram maior amplitude de variação na sobrevivência (valor médio de 88,9%, com mínimo de 64,1 e máximo de 100% e desvio padrão de 10,4), enquanto em épocas secas a sobrevivência média mínima foi 83%. Por outro lado, no Atibaia a sobrevivência de *D. tigrina* no período chuvoso foi semelhante à do período seco no Jaguari, por sua vez está no período chuvoso e foi idêntica à obtida no Atibaia em épocas secas, inclusive na variação do DP (pró-

xima de 10). Em períodos chuvosos as águas diluídas do Atibaia favoreceram a sobrevivência de *D. tigrina* de forma semelhante à águas do Jaguari de melhor qualidade, no período seco. Na época chuvosa, as águas do Jaguari, mais poluídas pioram as condições de sobrevivência do platelminto, se equiparando ao Atibaia no período seco, evidenciando a influência da poluição difusa no Jaguari nos períodos chuvosos na sobrevivência de *D. tigrina*.

As planárias têm sido utilizadas como organismos-teste em estudos de toxicidade devido à sua sensibilidade às alterações ambientais e ampla distribuição na natureza (PENHA et al., 2014). Apesar da quantidade de estudos utilizando-se planárias para avaliação ecotoxicológica, falta padronização, são empregados diferentes protocolos. A metodologia sem a devida descrição dos procedimentos dificulta que se possa avaliar e discutir os estudos (BARROS, 2005; MEI-HUI, 2008; BUTTURI-GOMES, 2008; RIBEIRO, 2012).

Visando auxiliar nas comparações, foi calculada a porcentagem de sobrevivência real, descontando-se a do controle (sobrevivência natural inerente ao próprio ciclo biológico). Os dados percentuais de sobrevivência para efeitos comparativos de toxicidade aguda, uma vez que não há nenhuma norma especificada, está sendo adotado o mesmo critério estabelecido para o ensaio de *D. similis*, ou seja, admitiu-se toxicidade quando a sobrevivência foi menor que 79% da observada no controle conforme a Tabela 33.

A Tabela 34, indica que os eventos de toxicidade à *D. tigrina*, foram mais intensos na época de chuva, neste período o Rio Jaguari e o Atibaia apresentaram 40 e 33%, respectivamente, de eventos tóxicos à *D. tigrina* e na época seca estes rios apresentaram 7,1 e 28,5% respectivamente de eventos tóxicos. Verifica-se ainda que a partir de outubro de 2011 (P8) não mais ocorreram eventos tóxicos à *D. tigrina* no Rio Jaguari conforme apresentado na Tabela 35.

O ensaio com *Danio rerio* (*D. rerio*), como foi elaborado, mostra baixa sensibilidade aos componentes químicos presentes na água. O teste apenas de mobilidade não se mostra seguro para indicar se a água é ou não de boa qualidade.

Tabela 34. Porcentagem de sobrevivência de *D. tigrina* nas águas do Jaguari e Atibaia, no período de 2006 a 2015, nos períodos chuvosos e secos.

Coleta	Períodos chuvosos			Períodos secos		
	Período	Jaguari	Atibaia	Coleta	Jaguari	Atibaia
-	P1	-	-	-	-	-
18/01/06	P2	64	62	-	-	-
18/10/06		79	86	12/07/06	83	75
11/01/14	P3	61	46	09/08/06	81	90
03/07/14		95	98			
08/10/07	P4	79	86	15/08/07	98	97
19/03/08		100	98			
				16/07/08	83	97
10/01/09	P5	100	100	13/08/08	83	83
				26/08/08	95	85
06/01/10		98	98	10/05/10	83	86
03/03/10	P6	76	78	02/08/10	67	76
				22/09/10	95	90
27/10/10	P7	71	62	-	-	-
31/10/11	P8	83	86	01/08/12	95	95
				03/09/12	81	91
20/03/12	P9	98	91	14/05/13	81	58
				15/08/13	88	91
04/02/13	P10	88	84	06/05/14	81	58
24/10/14		93	78			
28/01/15	P11	90	81	-	-	-

Fonte: elaborado pelo autor.

5.6.4 Comparação entre os ensaios.

Os ensaios de ecotoxicidade envolvendo organismos diferentes permitiram verificar que o potencial tóxico das águas foi baixo, presente em algumas coletas e para um organismo apenas. No período chuvoso o Rio Jaguari apresentou maior toxicidade, 9 coletas, dentre estas: 6 registros de toxicidade aguda a *D. tigrina*, e 1 a *D. rerio* e toxicidade crônica em *C. dubia* nos meses de novembro e dezembro, período de intensa seca. Por outro lado, no período seco apenas 1 coleta em novembro foi tóxica ao peixe conforme apresentado na Tabela 36.

Tabela 35. Potencial de toxicidade das águas do Jaguari e Atibaia ao *D. rerio*, no período de 2008 a 2015, com base na porcentagem de imobilização do peixe.

Data	Período	Chuvoso		Data	Seco	
		Jaguari	Atibaia		Jaguari	Atibaia
-	P1	-	-	-	-	-
-	P2	-	-	-	-	-
-	P3	-	-	-	-	-
19/03/08	P4	T (33,3%)	T (16%)	09/09/09	NT	NT
10/01/09	P5	NT	NT	12/05/10	NT	NT
20/01/10	P6	NT	T (25%)	-	-	NT
17/03/10		NT	NT	22/07/10	NT	NT
05/11/10	P7	NT	NT	05/10/10	NT	NT
05/11/11	P8	NT	NT	05/10/11	T (16%)	NT
20/03/12	P9	NT	NT	04/09/13	NT	NT
27/02/13	P10	NT	NT	06/05/14	NT	NT
				14/08/14	NT	NT
10/10/14	P11	NT	NT	-	-	-
24/11/14		NT	NT	11/10/14	NT	NT
10/12/14		NT	NT	25/11/14	NT	NT

Fonte: elaborado pelo autor. - NT (Não tóxico) - T (Tóxico).

No Rio Atibaia, o grau de ecotoxicidade aos organismos-teste foi maior, em 18 coletas observou-se toxicidade a pelo menos um organismo- teste. Pode-se destacar a ocorrência de 3 registros de toxicidade afetando dois organismos distintos, sendo 2 em período chuvoso e 1 em época seca, ambos com toxicidade aguda para *D. tigrina* e toxicidade crônica para *C. dubia*. O peixe apresentou toxicidade aguda em 2 coletas do período chuvoso e 1 indício de toxicidade no período de estiagem. Outras coletas menos tóxicas afetaram apenas um organismo-teste, sendo aguda ao peixe ou a *D. tigrina*. Os dados estão apresentados na Tabela 36 e na Tabela 37.

Oliveira-Filho et al., (2011) atribuíram como principal fator para a ocorrência de efeitos tóxicos em *C. dubia* e *D. rerio* a presença de produtos químicos na água. Estes mesmos autores (2008) citam que baixos teores de Ca e Mg são fatores limitantes ao crescimento do microcrustáceo que necessita de águas com considerável dureza para formação do exoesqueleto.

Mallutta (2010) observou que concentrações maiores de cloreto parece ser o fator pelo qual o ciclo partenogenético de *C. dubia* inicia-se a partir do 9º e não ao 6º dia, como comumente ocorre.

Tabela 36. Comparação dos ensaios de toxicidade com *D. similis*, *C. dubia*, *D. tigrina*, e *D. rerio*, nos períodos chuvosos de 2004 a 2015 nos rios Jaguari e Atibaia.

Data	Período	Rio Jaguari				Rio Atibaia			
		<i>D. similis</i>	<i>C. dubia</i>	<i>D. tigrina</i>	<i>D. rerio</i>	<i>D. similis</i>	<i>C. dubia</i>	<i>D. tigrina</i>	<i>D. rerio</i>
	P1	NT	-	-	-	NT	-	-	-
18/01/06	P2	NT	-	64	-	NT	-	62	-
18/10/06		NT	-	79	-	-	-	86	-
02/01/07	P3	NT	NT	61	-	NT	-	46	-
22/03/07		NT	-	95	-	-	-	98	-
02/10/07		NT	NT	79	-	NT	NT	86	-
19/03/08	P4	NT	NT	-	T	NT	NT	-	T
10/01/09	P5	NT	NT	100	NT	NT	NT	100	NT
20/01/10		NT	NT	100	NT	NT	NT	98	T
17/03/10	P6	NT	NT	76	NT	NT	T	78	NT
05/11/10	P7	NT	NT	71	NT	NT	NT	62	NT
05/10/11	P8	NT	NT	-	NT	NT	NT	-	NT
20/03/12	P9	NT	NT	98	NT	NT	NT	91	T
27/02/13	P10	NT	NT	88	NT	NT	NT	84	NT
24/11/14		NT	T	93	NT	NT	T	78	NT
10/12/14	P11	NT	T	90	NT	NT	NT	81	NT
28/01/15		NT	NT	-	NT	NT	T	-	NT

Fonte: elaborado pelo autor. - NT (Não tóxico) – T (Tóxico).

Jardim et al., (2008) enfatizam a necessidade do uso de mais de uma espécie de organismo em testes ecotoxicológicos, uma vez que a sensibilidade varia de acordo com o agente tóxico e as condições ambientais.

Sob este contexto, torna-se difícil explicar a causa da toxicidade com base em análises físicas e químicas. A variação ambiental aumenta as possibilidades de sinergismo, ora um parâmetro apresenta influência negativamente em determinada amostra, e em outra não se tem a mesma resposta esperada.

Alguns parâmetros como pH, oxigênio dissolvido, fósforo total e temperatura apresentaram variações mínimas das médias em ambos os períodos e conseqüentemente baixo desvio padrão (Tabela 38 e Tabela 39) e provavelmente não geraram impactos tóxicos aos organismos –teste. Ainda assim, águas ligeiramente ácidas a alcalinas favorecem o desenvolvimento e reprodução de cladóceros (TAVARES, ROCHA, 2001). Para o organismo estudado o pH ideal que está entre 7,0 e 7,6 (ABNT, 2010).

Tabela 37. Comparação dos ensaios de toxicidade com *D. similis*, *C. dubia*, *D. tigrina*, e *D. rerio*, nos períodos secos de 2003 a 2014 nos rios Jaguari e Atibaia.

Datas	Período	Rio Jaguari				Rio Atibaia			
		<i>D. similis</i>	<i>C. dubia</i>	<i>D. tigrina</i>	<i>D. rerio</i>	<i>D. similis</i>	<i>C. dubia</i>	<i>D. tigrina</i>	<i>D. rerio</i>
13/07/06	P4	NT		83		NT	NT	70	
11/08/06		NT	-	81	-	NT	NT	90	-
20/08/07	P5	NT	NT	98	-	NT	NT	97	-
19/03/08	P6	NT		83		NT	NT	97	NT
24/07/08		NT	-	83	-	NT	-	83	-
20/08/08		NT		95		NT	-	85	-
04/08/10	P7	NT	NT	83		NT	-	97	
10/05/10		NT	NT	83	-	NT	T	83	NT
22/09/10		NT	NT	-		NT	T	-	
05/11/11	P8	NT	NT	-	T	NT	NT	-	NT
08/08/12	P9	NT	NT	95		NT	NT	95	
23/08/12		NT	NT	81	NT	NT	NT	91	NT
14/05/13	P10	NT	NT	81	NT	NT	NT	58	NT
15/08/13		NT	NT	88	NT	NT	NT	91	NT
14/05/14	P11	NT	NT	-	NT	NT	NT	-	NT
23/09/14		NT	NT	81	NT	NT	T	58	NT

Fonte: elaborado pelo autor. - NT (Não tóxico) – T (Tóxico).

Tabela 38. Parâmetros físicos-químicos e biológico das águas dos rios Jaguari e Atibaia nos períodos chuvosos nas datas dos ensaios toxicológicos.

Períodos	Jaguari	<i>E.coli</i>	pH	Nt	Pt	Turbidez	O.D.	DBO	S.totais	T °C
P2	18/01/06	2000	7,72	2,32	0,10	43,0	6,7	0,52	165	28
	18/10/06	200	7,19	3,18	0,33	14,0	4,0	13,91	328	17
P3	11/01/07	200	7,53	1,32	0,76	71,6	5,9	33,87	330	20
	14/03/07	200	7,60	2,73	0,18	23,8	6,2	13,64	181	23
P4	08/10/07	200	7,47	3,87	0,18	5,2	1,9	4,49	270	25
P5	19/03/08	200	7,09	1,16	0,10	355,0	7,5	14,35	464	20
	15/01/09	2000	7,48	2,31	0,04	41,3	2,9	10,80	321	23
P6	27/10/10	800	7,59	3,19	0,11	24,0	7,0	8,60	49	25
P7	31/10/11	4663	7,71	2,43	0,29	128,0	7,7	18,40	288	24
P8	21/03/12	29696	7,34	1,84	0,20	14,0	7,7	5,90	196	24
P9	04/02/13	2830	6,74	1,98	0,29	26,0	5,4	8,40	288	26
	24/11/14	2260	7,51	3,77	0,44	11,0	1,0	19,10	464	25
P11	09/12/14	5060	7,04	3,09	0,49	14,0	0,9	17,30	412	26
	07/01/15	4960	6,80	3,62	0,17	112	1,1	17,00	398	27
	Média	3947,79	7,34	2,63	0,26	55,92	4,70	13,31	296,71	23,79
	DP	7633,8	0,3	0,9	0,2	92,0	2,7	8,1	119,4	3,0
Atibaia										
P2	18/01/06	900000	7,98	4,44	0,21	49,0	7,0	1,25	312	28
	18/10/06	130000	7,53	3,00	0,33	730,0	4,7	34,78	361	17
P3	11/01/07	1600000	7,65	1,34	0,6	117,0	4,3	27,42	284	20
	14/03/07	50000	7,88	4,49	0,1	570,0	7,9	26,50	212	23
P4	08/10/07	1700	7,75	10,50	0,26	8,8	0,3	4,72	298	25
P5	19/03/08	3000	7,31	0,83	0,23	227,0	6,9	15,44	298	20
	15/01/09	160000	7,54	2,62	0,1	129,0	3,0	16,00	314	23
P6	27/10/10	4000	7,66	4,37	0,01	16,90	6,6	23,10	153	25
P7	31/10/11	1013	7,56	6,67	0,29	37,00	8,0	19,40	290	24
P8	21/03/12	923	7,52	5,60	0,30	12,00	6,6	10,80	300	24
P9	04/02/13	3266	7,49	2,72	0,27	31,00	5,6	10,90	272	26
	24/11/14	630	6,99	41,06	0,19	18,00	0,9	22,30	528	25
P11	09/12/14	6360	7,48	30,79	0,15	17,00	0,7	11,70	378	26
	07/01/15	7960	7,66	6,67	0,22	14,00	1,3	11,10	300	27
	Média	204918,00	7,57	8,94	0,23	57,69	4,55	16,82	307,14	23,79
	DP	466349,59	0,24	11,87	0,14	62,01	2,82	9,31	84,09	3,02

Fonte: elaborado pelo autor. - DP (Desvio padrão).

Tabela 39. Parâmetros físicos-químicos e biológico das águas dos rios Jaguari e Atibaia nos períodos secos.

Períodos	Jaguari	<i>E.coli</i>	pH	Nt	Pt	Turbidez	O.D.	DBO	S.totais	T °C
P4	12/07/06	200	7,43	3,19	0,61	27	6,90	16,00	341	20
	09/08/06	1100	7,67	3,86	0,62	7	6,60	27,17	321	22
	15/08/07	80	7,37	3,95	0,12	16	7,80	4,30	119	18
P5	16/07/08	200	7,4	5,25	0,10	11	3,21	12,90	200	16
	13/08/08	200	7,46	2,73	0,10	27	8,32	5,90	231	20
P6	12/05/10	500	7,58	2,42	0,01	7,	5,97	9,30	186	21
	02/08/10	11000	7,60	3,18	0,01	56	6,27	7,00	392	20
P8	08/08/12	1026	7,26	2,10	0,14	21	5,16	14,00	140	18
	03/09/12	100	7,42	2,97	0,19	25	8,01	10,30	188	21
P9	14/05/13	306	7,23	0,36	0,59	13	6,35	9,30	588	19
	14/08/13	236	6,99	2,37	0,20	11	5,10	6,00	202	19
	10/03/14	1056	6,95	3,33	0,65	9	4,79	12,00	648	27
P10	06/05/14	100	6,84	4,36	0,25	14	2,89	9,50	268	22
	23/09/14	200	6,79	8,05	0,63	8	2,16	12,40	44	22
	Atibaia	1164,57	7,29	3,44	0,30	18	5,68	11,15	276,0	20,4
	DP	2855,18	0,29	1,76	0,25	13	1,92	5,70	171,0	2,59
P4	12/07/06	50000	7,60	2,68	0,61	71	6,30	36,00	340	20
	09/08/06	22000	7,90	5,28	0,62	9	6,40	29,35	368	22
P5	15/08/07	28000	7,81	5,54	0,32	15	5,97	7,51	282	18
	16/07/08	1100	7,75	9,85	0,29	10	2,30	27,6	289	16
	13/08/08	3300	7,51	2,48	0,16	41	8,34	8,00	199	20
P6	12/05/10	800	7,56	2,84	0,01	77	5,83	13,80	564	21
	02/08/10	2000	7,84	3,48	0,01	55	6,33	11,40	396	20
P8	08/08/12	20066	7,41	4,86	0,32	27	5,16	10,00	320	18
	03/09/12	100	7,48	3,62	0,19	132	8,64	12,90	192	21
P9	14/05/13	3490	7,33	4,14	1,35	10	5,52	3,10	135	19
	14/08/13	31433	7,14	2,55	0,09	15	4,83	7,10	90	19
P10	10/03/14	12910	7,34	12,94	0,04	19	3,97	19,00	500	22
	06/05/14	950	7,51	41,73	0,15	15	3,47	32,90	880	22
	Média	13549,92	7,55	7,85	0,32	38	5,62	16,82	350,38	19,85
	DP	15727,82	0,22	10,64	0,37	37	1,77	11,00	208,68	1,82

Fonte: elaborado pelo autor. - DP (Desvio padrão).

6 CONCLUSÕES

O estudo analisado para avaliação da qualidade das águas dos rios Jaguari e Atibaia por meio dos parâmetros estabelecidos pela CETESB para o cálculo do IQA foi pertinente.

Dentre os parâmetros analisados foi possível identificar quais são os mais significativos para o enquadramento dos rios.

As coletas realizadas durante 11,5 anos, efetuadas quinzenalmente possibilitaram o agrupamento dos dados em época de estiagem e chuvosa.

As análises das águas em épocas secas e chuvosas mostraram valores quantitativos diferentes, considerando os pontos de coleta e dos rios.

Durante grande parte do tempo os rios nos pontos de coletas, não atenderam a legislação vigente, portanto não estiveram enquadrados como rios de classe 2.

Os rios Jaguari e Atibaia no período chuvoso e de estiagem apresentaram para o ponto analisado valores médios mínimos preocupantes, quanto ao OD, embora a média geral apresentou-se em conformidade com a legislação.

Quanto aos valores médios de DBO e aqueles da média das épocas de estiagem e chuvosa não atenderam a legislação para os rios Jaguari e Atibaia.

Quanto a *E. coli*, os períodos de estiagem e chuvoso, em ambos os rios, não atenderam a legislação. A quantidade de *E. coli* do Rio Atibaia é muito superior à do Rio Jaguari, indicando que a contaminação do Atibaia é proveniente de esgotos mal tratados e atividades antrópicas, enquanto que a do Rio Jaguari é menos intensa e com maior probabilidade de ser proveniente de poluição difusa. O Rio Atibaia permaneceu com maior tempo em não conformidade com a legislação, quanto aos coliformes *E. coli*, em comparação com o Rio Jaguari.

Em relação ao fósforo total em ambos os períodos os Rios Jaguari e Atibaia mantiveram-se com valores acima de 90%, portanto em não conformidade com a legislação.

O Rio Jaguari, quanto ao parâmetro St manteve-se dentro da legislação para as épocas de chuva e seca. O Rio Atibaia na época de chuva nem sempre atendeu a legislação, o que aconteceu na época de seca.

A temperatura manteve-se constante para ambos os rios, apresentando-se mais quente na época chuvosa.

Quanto aos valores de pH, apresentaram pequena variação, porém o Rio Atibaia mostrou-se nas épocas de chuva e seca com características levemente mais alcalinas, indicando maior reuso de suas águas.

Quanto à turbidez, conclui-se que o Rio Jaguari é atingido fortemente pela poluição difusa na época chuvosa e mantém com baixa turbidez na época de seca, devido ao carreamento de contaminantes das margens para o leito do rio. O Rio Atibaia nas épocas de chuva e de estiagem permitem concluir que a Tz é proveniente principalmente das atividades antrópicas.

Conclui-se que o Nt para ambos os rios Jaguari e Atibaia manteve-se dentro das normas, porém o Rio Atibaia no período que coincide na elevada estiagem o Nt extrapolou o VMP.

O IQA do Rio Jaguari indicou melhores índices nos períodos chuvosos e secos que o Rio Atibaia, mesmo com amostragens quinzenais a correlação da pluviosidade não apresentou coerência para ambos os rios quando se considera a maior parte dos parâmetros do IQA.

Independente da pluviosidade, a *E. coli* manteve-se elevada no Rio Atibaia e com menor intensidade no Rio Jaguari.

O Nt manteve-se dentro dos VMP, na maior parte do tempo para ambos os rios.

A pluviosidade não alterou o teor de Ft, que se manteve praticamente igual em todo período, cujos valores excederam o VMP.

As Tz das águas dos Rios Jaguari e Atibaia mantiveram-se dentro do VMP nas épocas de chuva e de seca.

Conclui-se que os IQA's do Rio Atibaia são mais dependentes das poluições presentes gerados pelos efluentes domésticos e industriais, sem os devidos tratamentos.

Pelo IQA avaliado segundo CCME, ambos os rios no período estudado estariam com as águas classificadas nas épocas de chuvas e de secas, ruins ou péssimas.

Os principais parâmetros que se apresentaram em não conformidade nas coletas da época chuvosa e de seca foram Ft, DBO, *E. coli* e OD, permitindo que os rios ficassem grande parte do tempo em desacordo com a classificação de águas de classe 2.

Pela análise estatística de ajuste da regressão linear múltipla, conclui-se que na época chuvosa no Rio Jaguari, os parâmetros que causaram maior indução de baixa no IQA foram por ordem de importância: *E. coli*, Tz, DBO e na época seca foram *E. coli*, DBO e Tz.

Pela análise estatística de regressão linear múltipla conclui-se que na época de chuva, no Rio Atibaia, os parâmetros que causaram maior indução na baixa do IQA foram *E. coli*, DBO, Ft e Tz e na época de seca a *E. coli*, DBO e Tz.

Pelo índice de *E. coli* detectado nos rios, verificou-se que as estações de tratamento de esgoto em operação, no período estudado, não estariam contemplando os VMP para este parâmetro.

Com base na análise de variância a *E. coli* foi o parâmetro que mais afetou negativamente o IQA, durante todo período de estudo, em ambos os rios.

Quanto a toxicidade aguda, esta não foi confirmada para *Daphnia similis* durante todo período analisado para ambos os rios.

A toxicidade crônica para *C. dubia* manifestou-se, em alguns poucos períodos, no Rio Atibaia e em menor proporção no Rio Jaguari.

Na época de seca, em ambos os rios, a toxicidade foi demonstrada para *D. tigrina* e na época de chuva para *D. rerio*.

Para *D. tigrina* no período chuvoso, as águas de ambos os rios apresentaram períodos tóxicos ao platelminto, enquanto que, no período seco, apenas as águas do Atibaia mantiveram potencial tóxico semelhante, indicando a presença de poluentes químicos nas águas.

D. rerio apresentou baixa reação de toxicidade aguda em ambos os rios. O teste de *D. rerio* baseado apenas na motilidade, não se mostrou adequado para ensaios de toxicidade das águas estudadas.

Os resultados permitiram concluir que os rios na época chuvosa têm maior número de parâmetros em não conformidade com a legislação para o IQA.

7 RECOMENDAÇÕES

Ao concluir este estudo e atentos as recomendações da ONU e da Rio+20, entendemos que há condições de sugerir as seguintes principais recomendações para a abrangência dos Rios Jaguari e Atibaia, promovendo:

A consciência para que a população considere como de importância fundamental a quantidade e qualidade da água, tendo como preocupação o aumento populacional, industrial, econômico e exploração agrícola da região.

Controle eficiente dos parâmetros que envolvem a qualidade da água, especialmente no que se refere a eficiência das ETE's em *E. coli*, DBO e DQO.

Intensificação na preservação das reservas florestais e matas ciliares, especialmente a montante do município de Paulínia, e, mormente na influência no Rio Jaguari.

Medidas para impedir a entrada de poluentes pelas vias denominadas poluição difusa, com implantação de curvas de nível, terraceamento e piscinões em pontos determinados das áreas mais críticas.

A intensificação do planejamento, quanto ao uso e ocupação do solo, mas principalmente quanto as das margens dos rios.

Medidas legais de respeito e manutenção das várzeas.

Promover ampla campanha educacional, para minimizar o uso de substâncias contendo fósforo.

Ações políticas para que os IQA's do Estado de São Paulo possam ser enquadrados de acordo com os índices que foram criados.

Manter campanhas constantes e acompanhamentos educacionais sobre:

- uso racional da água;
- reúso da água;
- incentivar a população sobre o constante plantio de árvores também em áreas urbanas;

- incentivar a reciclagem da matéria orgânica;
- estimular calçamento ecológico urbano para infiltração de água de chuva;
- uso racional dos sais, especialmente o cloreto de sódio e detergentes;
- Investir em projetos bem planejados para ensino formal e informal;
- estabelecer alguma forma de recompensar cidadãos e entidades por ações que incluam preservação da quantidade e qualidade de água.

8 TRABALHOS FUTUROS

Elaborar, pesquisas para avaliações contínuas, dos índices de qualidade da vida aquática para águas de abastecimento público incluindo os parâmetros de condutividade elétrica, demanda química de oxigênio e ensaios de toxicidade nos Rios Jaguari, Atibaia e no Rio Piracicaba no trecho próximo ao salto no município de Piracicaba / SP.

9 REFERÊNCIAS

ABHINEET, N.; DOHARE, E.R.D. Water Quality of Khan River at Indore, India. **International Research Journal of Environment Sciences**, v. 3 (4), 74-81, April, 2014.

ABNT. ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS – **Ecotoxicologia aquática, toxicidade aguda, método de ensaio com peixe**, ABNT NBR 15088, 19p. 2004.

ABNT. ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS – **Ecotoxicologia aquática, toxicidade aguda, método de ensaio com *Daphnia spp* (Crustacea, Cladocera)**, ABNT NBR 12713, 23p., 2009.

ABNT. ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS – **Ecotoxicologia aquática, toxicidade crônica, método de ensaio com *Ceriodaphnia spp* (Crustacea, Cladocera)**, ABNT NBR 13373, 18p., 2010.

AGENCES DE L'EAU, **Étude bibliographique des méthodes biologiques d'évaluation de la qualité des eaux de surface continentales**. Synthèse bibliographique. Etude Inter Agences n° 35. I.D.E. Environnement. 1993.

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.

ANDRADE, E. M. et al. Índice de qualidade de água: uma proposta para o vale do rio Trussu, Ceará. **Revista Ciência Agrônômica**, v. 36, n. 02, p.135-142, 2005.

AYDIN, A.; ERCAN, O.; TASCIOGLU, S. A novel method for the spectrophotometric determination of nitrite in water. **Talanta**, v.66, n. 5, pg. 1181 – 1186, jun.2005.

BARROS, E.C.; CANDIDO, A.B.; QUEIROZ, M.S. **Relatório de Qualidade Ambiental 2013**, Governo do Estado de São Paulo, 1ª edição SMA 2013.

BARROS, F. M.; ROCHA, F.A.; FRAGA, M.S.; GENEROSO, T. N.; MELO, A. R. B. Variação da turbidez em pontos distintos de um perfil transversal do rio Catolé-BA sob diferentes níveis de vazão. **Centro Científico Conhecer – Enciclopédia Biosfera**, Goiânia, v.5, n.12, 2011.

BARROS, G.S.; ANGELIS, D.F.; FURLAN, L.T.; CORRÊA JÚNIOR, C.B. Utilização de planárias da espécie *Dugesia (Girardia) tigrina* em testes de toxicidade de efluentes de refinaria de petróleo. **Journal Brazilian Society Ecotoxicology**, v.1, n.1, p 67 – 70, 2006.

BATISTUCCI, T.N.; NETO, A.L.O. Avaliação ecotoxicológica da água e do sedimento do Ribeirão Tatu no trecho urbano do município de Limeira, SP, utilizando o organismo-teste *Dugesia tigrina*. Disponível em:<<http://www.prp.rei.unicamp.br/pibic/congressos/xvcongresso/cdrom/pdfN/782.pdf>> Acesso em 28 jan.2015.

BECKER, A.J.; ROGALSKI, F.; GOULART, L.O. A utilização de planárias *Girardia shubarti* como bioindicadores em testes de toxicidade com mercúrio. **Bioensaio**, v.2: 1- 5, julho 2010.

BIER, O. Bacteriologia e Imunologia. 12^a-Ed.**Edições Melhoramentos**, 1965p.

BIRUNGI, Z.; MASOLA, B.; ZARANYKA, M.F.; NAIGAIGA, L.; MARSHALL, B. Active biomonitoring of trace heavy metals using fish (*Oreochromis niloticus*) as bioindicator species: The case of Nakivubo Wetland along Lake Victoria. **Physics and Chemistry of the Earth**, v. 32, n. 2, p. 184 – 191, 2006.

BURATINI, S.V.; BERTOLETTI, E.; ZAGATTO, P.A. Evaluation of *Daphnia similis* as a test species in ecotoxicological assays. **Bulletin of Environmental Contamination and Toxicology**, v.73, p. 878-882, 2004.

BRASIL. Conselho Nacional do Meio Ambiente CONAMA. **Resolução n. 430**.Brasília, DF, MMA, 2011.

BRASIL. Conselho Nacional do Meio Ambiente CONAMA, **Resolução n. 357**.Brasília, DF, 2005. 23p.

BRANCO, M.S.; HESS, M.C. Tratamento de Resíduos. In: Coord.Aquarone, E.; Borzani, W.; Almeida Lima, U. Ed.Edgard Blucher Ltda. **Biotecnologia: Tópicos de microbiologia industrial**. 1^a - Ed. USP, p. 47 – 76, 1976.

BROWN, R. M.; MCCLELLAND, N. I.; DEININGER, R. A.; TOZER, R. A. Water Quality Index: Do We Dare? **Water Sewage Works**, v.117, n. 10, p. 339-343, 1970.

CAGNONI RIBEIRO, M. SOARES, M.M.S.R. **Microbiologia Prática. Roteiro e Manual. Bactérias e Fungos**. Livraria Atheneu Editora1993.

CARDOSO, E.J.N.N.; TSAI, S.M.; NEVES, M.C. **Microbiologia do Solo**. Sociedade Brasileira do Solo, Campinas, 1992.360p.

CASTILHO, G.C.; VILA, I.C. Ecotoxicity assessment of metals and wastewater using multi-trophic assays. **Environmental Toxicology**, 15: 370-375, 2000.

CAYAX, M.A.M.; CHACON, E.A.V.; ALVAREZ, N.G. Uso de la tierra y calidad del agua superficial em *Lacuenca periurbana* rio Platanitos, Guatemala. **Revista Ingeniería Agrícola**, v.4, n. 4, octubre, p.19 -23, 2014.

CETESB. Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental. Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental. **Relatório Operação Inverno 2012** – Diretoria de Engenharia e Qualidade Ambiental, Janeiro de 2013.

CETESB. Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental. **Contagem de bactérias heterotróficas** Método de ensaio L5. 201,2006, 14p. Disponível em <<http://www.cetesb.sp.gov.br>> Acesso em 20 maio 2011.

CETESB. Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental. **Guia nacional de coleta e preservação de amostras, 2011**. Disponível em <<http://www.clean.com.br/site/ana-e-cetesb-lancam-guia-nacional-de-coleta-e-preservacao-de-amostras/>> Acesso em 28 jan. 2015.

CETESB. Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental. **Relatório de qualidade de águas superficiais do Estado de São Paulo 2009**. São Paulo, 310p., 2010.

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

CETESB. Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental. **Relatório de Qualidade das Águas Interiores do Estado de São Paulo**, São Paulo, 2000 a 2003.

CETESB. Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental. **Guia de coleta e preservação de amostras de água**. São Paulo, 150p, 1998.

CETESB. Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental. **Norma Técnica nº L.5018** – Avaliação da Toxicidade aguda para *Daphnia similis* (Cladocera, Crustacea).(1987). São Paulo – SP.

CETESB (2013). **Relatório de qualidade das Águas superficiais no Estado de São Paulo**. Apêndice c: Índices de Qualidade das Águas. CETESB.

CHANG, H. ; THIERS, P.; NETUSIL, N.R.; YEAKLEY, J.A.; ROLLWAGEN-BOLLENS, G. ; BOLLENS, S.M. ; SINGH, S. Relationships between environmental governance and water quality in a growing metropolitan area of the Pacific Northwest, USA, **Hydrology and Earth System Sciences**, 18, 1383-1395, doi:10.5194/hess-18-1383-2014, 2014.

CHAPMAN, D. **Water Quality Assessments – A guide to use of biota, sediments and water in Environmental Monitoring**. 2a-Edition. Ed. London: E & FN Spen – Chapman & Hall, 1996.

CLESCERI, L.S.; GREENBERG, A.E.; EATON, A.D. **Standard Methods for the examination of water and wastewater**. American Public Health Association, APHA 20th.ed., Washington. 1998.

CONEGLIAN, C.M.R. **Utilização de microrganismos na remoção de amônia em efluente industrial – Replan / Petrobrás**. 2001. 140p. Tese (Doutorado Microbiologia Aplicada). Instituto de Biociências - Unesp Rio Claro, 2001.

COSTA, R.; OLIVI, P.; BOTTA, C.M.R.; ESPINDOLA, E.L.G. Toxicidade em ambientes aquáticos: discussão e métodos de avaliação. **Química Nova**, v.31, nº7, p. 182- -1830, 2008.

COURA, F.M.; LAGE, A.P.; HEINEMANN, M.B. Patotipos de *Escherichia coli* causadores de diarreia em bezerros: uma atualização. **Pesquisa Veterinária Brasileira** 34(9):811-818, setembro 2014.

CURDS, C.R. Protozoa. **Ecological aspects of use water treatment**. London, Proceedings... London:, p. 203-268. 1975.

CYBIS, L.F., PINTO, C.R.R. **Protozoários e metazoários presentes em reatores sequenciais em batelada (RSB) observados no processo de nitrificação**. 19º CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA SANITÁRIA E AMBIENTAL, Anais Fóz do Iguaçu: ABES, p. 793-802. 1997.

DE PAUW, N.; PERSOONE, G. **Micro-algae for aquiculture**. In: BOROWITZKA, M. A.; BOROWITZKA, L. J. (Eds). *Microalgal Biotechnology*. Cambridge University Press, Cambridge, pp. 197-221. 1988.

DEGRAEVE, G.M.; COONEY, J.D. *Ceriodaphnia*: An update on effluent toxicity testing and research and needs. **Environment Toxicological Chemical**, v.6, p.331, 1984.

GOMES, D.B. **Avaliação dos efeitos dos inseticidas malation e fipronil sobre a viabilidade e regeneração de *Girardia tigrina* (*Platyhelminete, tricladia*)**, 2008. 65f. Trabalho de Conclusão de Curso (Ecólogo) – Curso de Ecologia, UNESP Rio Claro, 2008.

FALKENMARK, M. Macro Scale Water Supply Demand Comparison an The Global Some. **Stockholm**, p.15-40, 1986.

FALKENMARK, M. Global water issues confronting humanity. **Journal of Peace Research**, v. 27, n. 2, p. 177-190, 1990.

FIGUEIREDO, M. G.; DOMINGUES, V. B. **Microbiologia de Lodos Ativados**. CETESB – Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental. São Paulo: CETESB, 48 p. 1997.

FRANCISCO, G.A. **Biodegradação da vinhaça resíduo da produção de etanol**. TCC (Ecologia). Universidade Estadual Paulista, Instituto de Biociências de Rio Claro. 2009, 40f.

FRANCO, B.D.G.M.; LANDGRAF, M. **Microbiologia dos alimentos**. Atheneu: São Paulo, 2003. 182p.

FREITAS, M.B.; BRILHANTE, O.M.; ALMEIDA, L.M. 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. **Caderno de Saúde Pública**. Rio de Janeiro, v.17, n.3, p.651-660, 2001.

GERTER, P.; TORNISIELO, S.M.T.; MALAGUTTI, E. N. Water quality evaluation an São Joaquim and Ribeirão Claro Stream, microbasins of Corumbataí River, São Paulo state, Brazil. **Holos Environment**, v. 3, n. 2, p. 130 – 350, 2003.

GONÇALVES, E. M. **Avaliação da qualidade da água do rio Uberabinha.Uberlândia – MG. 2009.141 f**. Dissertação (Mestrado em Tecnologia dos Processos Químicos e Bioquímicos), Escola de Química, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2009.

GUIMARÃES, E.S.; LACAVA, P.M.; MAGALHÃES, N.P. Avaliação da toxicidade aguda com *Daphnia similis* na água captada no Rio Paraíba do Sul e processada na estação de tratamento de água do município de Jacaraí -SP- Brasil. **Revista Engenharia Sanitária e Ambiental**, v.9,n.2, p. 124 -130, 2004.

GREGHI, S.Q. **Avaliação da eficiência de métodos rápidos usados para detecção de coliformes totais e coliformes fecais em amostras de água, em comparação com a técnica de fermentação em tubos múltiplos**. Dissertação (Mestrado Alimentos e Nutrição, área de Ciências dos Alimentos, UNESP Araraquara, 2005.

GUECHEVA, T.N. **Avaliação do potencial tóxico e genotóxico do sulfato de cobre em planária: utilização deste organismo para biomonitoramento ambiental**. 120p.Tese (Doutorado Ciências Biológicas: Bioquímica) Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Instituto de Ciências Básicas da Saúde, 2002.

HAMMER, M.J.; HAMMER, M.J.Jr. Water and wastewater technology. **Prentice Hall Internations Inc**. 1996, 519p.

HOFF, F. H.; SNELL, T. W. **Plankton culture manual**. Florida Aqua Farms, Inc. Florida, 126p. 1987.

ICMSF – International Commission on Microbiological Specifications of foods. **Microorganisms in Foods 8**. Springer 2nd edition 2011, 400p.

IMHOFF, C. Manual de tratamento de águas residuárias. Trad.Hess, L.M. 21^aed. Ed.Alemã. **Ed.Edgard Bluches Ltda**. Ed. USP. São Paulo, 235p.1996.

JARDIM, G.M.; ARMAS, ED.; MONTEIRO, RTR. Ecotoxicological assessment of water and sediment of the Corumbataí river, SP, Brazil. **Brazilian Journal Biology**, 68 (1), 51 – 59, 2008.

LACERDA, P.M.M. **Avaliação física, química, microbiológica e ecotoxicológica da água de irrigação de hortaliças em uma região de mananciais da grande São Paulo**. Dissertação (Mestrado) Centro Estadual de Educação Tecnológica Paula Souza, São Paulo, 2012.

LAZZERINI, F.T. **Fontes Hidrominerais do Brasil**. (Tese Doutorado) 388p.Universidade Estadual Paulista, Instituto de Geociências e Ciências Exatas - Rio Claro / SP, 2013.

LEITE, D.A.O.; RAMOS, M. A. G.; GODOI, D.R.; MARIANO, A.P.; PIÃO, A.C.S.; FRANCESCHI DE ANGELIS, D. Avaliação dos parâmetros do Índice de Qualidade da Água segundo modelo estatístico ARIMA. **Holos Environment**, v.13 n. 1, p 24 – 39, 2013.

LOPES, F.W.A.; MAGALHÃES JUNIOR, A.P.; Von SPERLING, E. Metodologia para avaliação de condições de balneabilidade em águas doces no Brasil. **Revista Brasileira de Recursos Hídricos**, v.19, n.4, p. 124 -136, 2014.

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

MARGAT, J. Repartition des Resour, et des Utilizations d'eau dans le mande: Disparités Présentes et Futures.**La Howille Blanche**, n. 2, p. 40-51, 1998.

MARTINS, S.E.; BIANCHINI, A. Toxicity tests aiming to protect Brazilian aquatic systems: current status and implications for management. **Journal Environment Monitoring**, 2011,13, 1866-1875.

MEI-HUI, L. Effects of nonionic ad ionic surfactants on survival, oxidative stress, and cholinesterase activity in planarian. **Chemosphere**, v. 70, p. 1796 –1803, 2008.

MELETTI, P.C.; ROCHA, O.; MARTINEZ, C.B.R. Avaliação da degradação ambiental na bacia do Rio Mogi-Guaçu por meio de testes de toxicidade com sedimento e de análises his-

topatológicas em peixes. In: Limnologia Fluvial: Um Estudo no Rio Mogi-Guaçu. Journal Brigonet (Ed.) RiMa, 2003, cap.9, p. 149 -180.

MMA - MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE. Sistema Nacional de Informacoes Sobre Recursos Hidricos. Disponível em <http://www.mma.gov.br/estruturas/sbf_chm_rbbio/_arquivos/sist_recursos_hidricos_72.pdf0> Acesso em: 08 jan.2015.

MONTGOMERY, D. C.; PECK, E. A.; VINING, G. G. **Introduction to linear regression analysis.**2010, New York, 3rd edition, 220p.

MOURA, V. M.; BRITO, S. M.O.; SILVA, A. B. Avaliação dos Parâmetros Indicadores da Qualidade da Água para Verificar o Estado de Conservação das Represas do Rio Ipitanga, Salvador, BA, Brasil. **Revista Virtual Química**, 5 (5), 869-890, 2013.

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.

MURGEL BRANCO, S.; HESS, M.L. Tratamento de Resíduos. In: Biotecnologia Tópicos de Microbiologia Industrial, vol. 2, **Ed. EdgardBlucher Ltda. Ed. USP**, 1975.

NAKAGOME, F.K.; NOLDIN, J.A.; RESGALLA J., C. Toxicidade aguda de alguns herbicidas e inseticidas utilizados em lavouras de arroz irrigado sobre o peixe *Danio rerio*. **Pesticidas: Revista de Ecotoxicologia e Meio Ambiente**, Curitiba, v. 17, p. 117-122, jan./dez. 2007

NEVES, M. A.; PEREIRA, S.Y.; FOWLER, H.G. Impactos do sistema estadual de gerenciamento de recursos hídricos na bacia do Rio Jundiá (SP).**Ambiente Sociedade**. vol.10 n. 2, Campinas, jul/dez. 2007.

NEVES, F.M.C.; CASTRO, F.B.G.; GODEFROID, R.S.; SANTO, V.L.P.S.; WAGNER,R. Avaliação da qualidade do Rio Bacacheri. **Revista Meio Ambiente e Sustentabilidade** | Ed. Especial, vol. 7, n. 3, p. 659 - 674, jul – dez 2014.

NOVAES, E.I.; RAMIRES, T.G.; TSUNEMI, M.H.; ORTEGA, E.M. M. Uso de planárias como bioindicadores de qualidade das águas utilizando análise de sobrevivência. **Revista Brasil de Biomedicina**. São Paulo, v. 32, n. 3, p. 379-389, 2014.

PALMA-SILVA, G.N.; TORNISIELO, S.M.; PIÃO, A.C. Capacidade de autodepuração de um trecho do Rio Corumbataí –SP, Brasil. **Holos Environment**, 2007, n.2, p.139 – 153, 2007.

OLIVEIRA, H. M. ; WIILLAND, E.F. Efeito da água tratada com sulfato de alumínio e com o polímero natural (tanato quaternário de amônio) em planárias a fim de identificar novos organismos testes. **Revista de Iniciação Científica da ULBRA** , Nº 9, P.51-57, 2011.

OLIVEIRA, E.C.C.; FERNANDES, U. L.; FERREIRA, V.M. Estudo da microalgas: um dos principais desafios para ações de monitoramento da água. **XV Congresso Brasileiro de Águas Subterrâneas**, Natal, 2008.

OSIBANJO, O.; DASO, A. P.; GBADEBU, A. M. The impact of industries an surface water quality of River Ona and River Alaro in Olujole Industrial Estate, Idaban, Nigéria. **African Journal of Biotechnology**, v.10, n. 4, p.696-702, 2011.

OSOEGAWA, D.K.; SOARES, J.J.; ANGELIS, D.F. **Monitoramento toxicológico de efluentes frente ao ensaio biológico com *Dugesia tigrina* (planária)** – 2008. Disponível em <http://cecemca.rc.unesp.br/ojs/index.php/holos/article/viewFile/1667/1473> Acesso em 15 jan. 2009.

PAUL, E.A., CLARK, F.E. **Soil microbiology and biochemistry**. 2nd.ed. San Diego, Calif. Academic Press, 1996, 340 pp.

PALMA-SILVA. G.M. Diagnóstico ambiental, qualidade da água e índice de depuração do Rio Corumbataí –SP. Mestrado (Dissertação em Conservação e Manejo de Recursos - Gestão de Recursos), Rio Claro, 1999, UNESP, Campus Rio Claro, SP, 155f.

PENHA, B.R.; CARVALHO, R.D. S.; MORAIS, F.V.; LOPES, K.A.R.; VELHO, N.M.R.C. Avaliação dos efeitos da toxicidade em planárias limnicas expostas a cádmio e cromo. **Revista Biociências**, Taubaté, v.20, p.13 -21, 2014.

PINTO FILHO, J.L.O.; SANTOS, E.G.; SOUZA, M.J.J.B. Proposta de Índice de Qualidade de Água para a Lagoa do Apodi, RN, Brasil. **Holos Environment**, v. 2, 2012, p.69 -76.

PIZZELA, G.D.; SOUZA, M.P. Análise de sustentabilidade ambiental do sistema de classificação das águas doces superficiais brasileiras. **Engenharia Sanitária Ambiental**, v. 12 n. 2, p 139 – 148, 2007.

POLETO, C. Monitoramento e avaliação da qualidade da Água de uma microbacia hidrográfica no município de Ilha Solteira. **Holos Environment**, v.10, n. 1, p. 96 – 110, 2010.

RAY, B. **Fundamental Food Microbiology**, Boca Raton: CRC Press, 1996, 516p.

REBOUÇAS, A. C.; BRAGA, B.; TUNDISI, J.G. (org). **Águas Doces no Brasil: Capital ecológico, uso e conservação**. 3^a-ed. rev. e ampl. Ed. Escrituras. São Paulo-SP, 2006.

RIBEIRO, A.R. **Potencial do uso de planárias na avaliação de contaminantes ambientais**. 2008, 71p. Dissertação (Mestrado em Tecnologia e Inovação), Universidade Estadual de Campinas, Faculdade de Tecnologia, Campus Limeira.

RIBEIRO, A.R. **Potencial de uso de planárias na avaliação de contaminantes ambientais.** UNICAMP – Faculdade de Tecnologia – Limeira. Dissertação Programa de Pós-Graduação em Tecnologia, 2012.

RIBEIRO, A.R.; UMBUZEIRO, G.A. Effects of a textile azo dye on mortality, regeneration, and reproductive performance of the planarian, *Giardia tigrina*. **Environmental Sciences Europe** 26:22, 2014.

RILEY, L.W. Pandemic lineages of extraintestinal pathogenic *Escherichia coli*. In: **Clinical Microbiology and Infection**. European Society of Clinical Microbiology and Infectious Diseases, v.20, cap.5, p.380-390, may 2014.

ROBERTO, M.M. **Avaliação de recursos hídricos sob a influência de atividades de uma indústria do petróleo, por meio de análises ecotoxicológicas integradas a parâmetros ambientais.** 2014, 165p. Tese (Doutorado em Biologia Celular e Molecular). Universidade Estadual Paulista, Instituto de Biociências - Rio Claro / SP, 2014.

ROCHA, J. M. S.; GARCIA, J. E. C.; HENRIQUES, M. H. F. Growth aspects of the marine microalgae *Nannochloropsis gaditana*. **Biomolecular Engineering**, 20: 237-242, 2003.

RODRIGUES, G.S. Avaliação de impactos ambientais de pesquisas. **Fundamentos, princípios e introdução à metodologia.** Jaguariúna: EMBRAPA, CNPMA, 1998, 66p.

ROJAS, V.I.B. **Estudio dela calidad del agua dela cuenca de Rio Chambo em epoca de estiaje 2012**, 321f. Tese (Doutorado). Escuela Superior Politécnica de Chimbarazo. Fac. de Ciencias: Escuela de Ciencias Químicas. Ingeniera de Biotecnología Ambiental Riobamba, Equador, 2012.

RULON, O. The effects of LICL and NACNS on reconstitution in planarians. **Anatomical Record**, v.94 (3), p. 358-359, 1946

SALLA, S.; GHOSH, S. Assessment of water quality parameters of lower lake Bhopal. **Archives of Applied Science Research**, 6 (2):8-11, 2014.

SÁNCHEZ-ALVARADO, A. Planarians. **Current biology**, v.14, n.18, p.737-738, 2004.

SANT'ANNA, G.S., WILLAND, E.F., SCHRÖDER, N.T.; LACERDA, A.S.; ALVES, C.R.; SILVA, D.C. Biologia reprodutiva de *Giardia tigrina* (*PLATYHELMINTHES*, *TRICLADIA*, *PALUDICULA*) em laboratório. 2007. SaBios-Revista Saúde e Biologia, Campo Mourão, v. 2, n. 2, p. 22-27, jul./ dez. 2007. Disponível em <<http://revista.grupointegrado.br/revista/index.php/sabios2/article/view/72/32>> Acesso em 28 jan. 2015.

SCHEFFÉ, H. **The Analysis of Variance**. New York: Wiley. ISBN 0-471-34505-9, 1999

SHARMA, M.K.; JAIN, C.K.; SINGH, O. Characterization of point sources and water quality assessment of River Hindon using water quality index. **Journal of Indian Water Resources Society**, v.34, n.1, jan. 2014.

SILVA, B.M.; RAVANELLI, M.A.C.; PASCHOALATO, C.F.P.R. Toxicidade aguda dos herbicidas diuron e hexazinona à *Danio rerio*. **Pesticidas: Rev. Ecotoxicol. e Meio Ambiente**, Curitiba, v. 20, p. 17-28, jan./dez. 2010.

SILVEIRA, R.M. Bioensaios de Toxicidade e Organismos Bioindicadores como Instrumento para a Caracterização Ambiental do Rio Itajaí-Mirim, SC. 2007. 125p. Dissertação (Mestrado) –Centro de Educação de Ciências Tecnológicas da Terra e do Mar, Universidade do Vale do Itajaí, Santa Catarina (Brasil).

STRAUB, C.P. **Practical Handbook of Environmental Control**. CRC Press. Inc. Boca Raton, 1989, 537p.

STRIEDER, M.U.; RONCHI, L.H.; STENERT, C.; SCHERER, R.T.; NEISS, U.G. Medidas biológicas e índices de qualidade de água de uma microbacia com poluição urbana e de curtiúmes no sul do Brasil. **Acta Biológica Leopoldensia**, v.28, n. 1: p. 17-24, Jan/abr, 2006.

TAVARES, K.P. Avaliação da toxicidade de nanopartículas de óxido de cobre e de óxido de cromo para *Daphnia similis* e *Brachionus calyciflorus*. Dissertação (Mestrado em Ecologia e Tecnologia Ambiental), Universidade Federal de Alfenas, MG, 50p. 2014.

TOLEDO, L.G.; NICOLELLA, G. Índice de Qualidade da água em microbacia sob uso agrícola e urbano. **Scientia Agrícola**, v. 59, n. 1, p. 181-186, jan/mar, 2002.

TORTORA, G.J.; FUNKE, B.R.; CASE, C.L. **Microbiologia**, 8ª ed. Ed.Artmed, 2005, re-impressão 2007.

TUNDISI, J.G. **Água no século XXI: enfrentando a escassez**. Rima, 2003, 247p.

TUNDISI, J.G. Ciclo hidrológico e gerenciamento integrado. **Ciência e Cultura**, v. 55, n. 4, p. 31-33, 2003b.

UNIAGUA (Universidade da Água). **Água no Planeta**. Disponível em: <<http://www.uniagua.org.br>>. Acesso em: 08 jan. 2015.

USEPA. United States Environmental Protection Agency. Methods for measuring the acute toxicity of effluents and receiving waters to freshwater and marine organisms. 5th ed. Washington, DC, 2002.

USEPA. United States Environmental Protection Agency. Quality criteria for water. Office of water. Regulation and standards. Washington, DC 20460. May, 1986.

VALENZUELA-ESPINOZA, E.; MILLÁN-NUÑEZ, R.; NUÑEZ-CEBRERO, F. Protein, carbohydrate, lipid and chlorophyll a content in *Isochrysis aff. Galbana* (clone T-Iso) cultured with a low cost alternative to the f/2 medium. **Aquacultural Engineering** 25: 207-216, 2002.

VITAL Unilever 2015.A Água no Brasil. Disponível em <<https://www.portalvital.com/saude/saude/a-agua-no-brasil>>. Acesso em: 08 set. 2015.

VON SPERLING, M. **Introdução à qualidade das águas e ao tratamento de esgotos**. 4. ed. Belo Horizonte: Ed. UFMG, 2014. 472p.

WEAST, R.C. **Handbook of Chemistry and Physics**. 52^a ed., Ohio 1972, The Chemical Rubber Co., p. D.148

WHYTE, J. N. C.; BOURNE, N.; HODGSON, C. A. Influence of algal diets on biochemical composition and energy reserves in *Patinopecten yessoensis* (Jay) larvae. **Aquaculture**, 78: 333-347, 1989.

YISA, J.; JIMOH, T. Analytical Studies on Water Quality Index of River Landzu. **American Journal of Applied Science**; 7 (4) : 453-458; 2010.

ZANINI, H. L.; AMARAL, L.A.; ZANINI, J.R.; TAVARES, L. H. S. Caracterização da água da microbacia do Córrego Rico avaliada pelo índice de qualidade de água e de estado trófico. **Engenharia Agrícola**. [online]. vol.30, n.4, pp. 732-741, 2010.

ZAGATTO, P.A. Ecotoxicologia. In: ZAGATTO, P.A.; BERTOLETTI, E. (Eds.). **Ecotoxicologia Aquática– Princípios e Aplicações**. 1 ed. São Paulo, SP, Brasil. Editora Rima, 2006. p.1-13.

ZAGATTO, P.A.; BERTOLETTI, E. **Ecotoxicologia aquática - princípios e aplicações**. RiMa, 2006, 478p.

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