



Universidade do Estado do Rio de Janeiro

Centro de Tecnologia e Ciência

Faculdade de Engenharia

Carolina Mendes Coimbra

Avaliação da metodologia IQA_{FAL} nas bacias contribuintes à Lagoa


Rodrigo de Freitas, RJ, Brasil

Rio de Janeiro

2011

Carolina Mendes Coimbra

Avaliação da metodologia IQA_{FAL} nas bacias contribuintes à
Lagoa Rodrigo de Freitas, RJ, Brasil



Dissertação apresentada, como requisito para obtenção do título de Mestre, ao Programa de Pós-graduação em Engenharia Ambiental, da Universidade do Estado do Rio de Janeiro. Área de concentração: Saneamento Ambiental – Controle da Poluição Urbana e Industrial.

Orientadora: Prof.^a Dr.^a Rosa Maria Formiga Johnson

Coorientadora: Prof.^a Dr.^a Patrícia Domingos

Rio de Janeiro

2011

CATALOGAÇÃO NA FONTE
UERJ / REDE SIRIUS / BIBLIOTECA CTC/B

C681 Coimbra, Carolina Mendes.
Avaliação da metodologia IQAFAL nas bacias
contribuintes à Lagoa Rodrigo de Freitas, RJ, Brasil /
Carolina Mendes Coimbra. - 2011.
125 f.

Orientadora: Rosa Maria Formiga Johnsson.
Coorientadora: Patrícia Domingos.
Dissertação (Mestrado) – Universidade do Estado do
Rio de Janeiro, Faculdade de Engenharia.

1. Engenharia Ambiental. 2. Índice de Qualidade de
Água – Dissertações. 3. Lógica nebulosa – Dissertações.
I. Johnsson, Rosa Maria Formiga. II. Universidade do
Estado do Rio de Janeiro. III. Título.

CDU 502.51

Autorizo, apenas para fins acadêmicos e científicos, a reprodução total ou parcial desta dissertação, desde que citada a fonte.

Assinatura

Data

Carolina Mendes Coimbra

Avaliação da metodologia IQA_{FAL} nas bacias contribuintes à
Lagoa Rodrigo de Freitas, RJ, Brasil

Dissertação apresentada, como requisito para obtenção do título de Mestre, ao Programa de Pós-graduação em Engenharia Ambiental, da Universidade do Estado do Rio de Janeiro. Área de concentração: Saneamento Ambiental – Controle da Poluição Urbana e Industrial.

Aprovado em: 5 de abril de 2011.

Banca Examinadora:

Prof.^a Dr.^a Rosa Maria Formiga Johnsson (Orientadora)
Faculdade de Engenharia – UERJ

Prof.^a Dr.^a Luciene Pimentel da Silva
Faculdade de Engenharia – UERJ

Prof.^a Dr.^a Patrícia Domingos (Coorientadora)
Instituto Estadual do Ambiente – INEA

Prof. Dr. José Paulo Soares de Azevedo
Universidade Federal do Rio de Janeiro – UFRJ-COPPE

Rio de Janeiro

2011

**Dedico, primeiramente, a Deus
por ter me permitido alcançar mais esta vitória
e, em especial, a minha vovó Alcyria Morreuw Coimbra (*in memoriam*)**

AGRADECIMENTOS

Ao Vinicius, pelos passeios adiados, finais de semana e feriados “perdidos”, por toda paciência nos momentos em que eu estava cansada e “chata”, e incentivos na hora de desânimo sempre acreditando em mim. A Pérola Negra, por estar sempre ao meu lado, até mesmo de madrugada, com muito amor, carinho e companheirismo;

Aos Meus Pais, Ney e Jussara, por toda força tanto financeira quanto emotiva que me fizeram estudar todos os anos da minha vida, sempre acreditando em mim e me estimulando cada vez mais;

Ao meu irmão Vitor, pelo presente apoio e por privá-lo do uso do computador, à minha avó Neusa pelas orações que me fortaleceram espiritualmente nas minhas saídas de campo, ao meu avô João por todo apoio, ao meu sogro Daniel e sogra Janete pelo apoio na minha profissão;

A todos os meus amigos, que me incentivaram a fazer o Mestrado, mesmo sendo numa área diferente da minha formação, ou seja, na Engenharia Ambiental, e que souberam compreender a minha ausência em certas ocasiões: Leandro Tavares, Camila Panno, Joice Souza, Érika Alves, Renata Peres, Reile Gomes, Vanessa Reis, Soraya Bertanha, Mônica Ribeiro, Mylessa Barros, Roberta Cebreiro, e Keyla Soares.

À amiga e ex-supervisora de estágio na EMBRAPA Janine Passos, por me incentivar a continuar na vida acadêmica;

À amiga Maria Augusta Nogueira por acreditar em mim e me apoiar nos momentos difíceis;

À minha Orientadora Professora e Amiga Rosa Formiga, por acreditar e confiar em mim, no momento em que aceitou a minha orientação, e pelos ensinamentos na área ambiental;

À minha Co-orientadora Professora Bióloga e Amiga Patrícia Domingos, pelos incentivos e ensinamentos na área biológica e, sobretudo, por toda ajuda e dedicação total a mim e a este trabalho;

A todos os analistas da GEAG/INEA, que me receberam na Instituição com muito carinho e simpatia e ajudaram na elaboração deste estudo. Destacam-se: o Biólogo Marco Pessoa, por todos os ensinamentos sobre o IQA_{FAL}; a minha “chefe” Bióloga Fátima Soares, por entender os meus momentos ausentes no trabalho; o Engenheiro Maurício Soares, pelos ensinamentos transmitidos sobre a Lagoa Rodrigo de Freitas; o Estatístico Leonardo Fidalgo, pela colaboração na elaboração de gráficos e análises estatísticas; o Biólogo Leonardo Daemon, pela ajuda na elaboração da parte estrutural desta dissertação e ao Biólogo Anselmo Federico e Farmacêutico André Leone, pelas tardes divertidas de trabalho;

Aos Professores José Paulo e Luciene Pimentel por aceitar, prontamente, o convite para participar desta banca;

À Bióloga e Amiga Gláucia Freitas, pelos comentários e sugestões ao trabalho;

A todos os que de uma forma ou de outra contribuíram para a realização deste trabalho.

Muito Obrigada!

**"O mundo não nos foi presenteado pelos nossos antepassados,
mas emprestados por nossos filhos"**

Provérbio Africano

RESUMO

COIMBRA, Carolina Mendes. **Avaliação da metodologia IQA_{FAL} nas bacias contribuintes da Lagoa Rodrigo de Freitas, RJ, Brasil**. 2011. 125f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Ambiental) – Faculdade de Engenharia, Universidade do Estado do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2011.

A pressão antrópica crescente impõe a necessidade de um monitoramento sistemático da água e de seus ambientes aquáticos. O desenvolvimento de Índices de Qualidade de Água (IQAs) tem como objetivo transformar dados em informações acessíveis e de fácil entendimento para os gestores e usuários das águas, visando refletir a deterioração deste recurso em nível de bacia hidrográfica e ao longo do tempo. O Instituto Estadual do Ambiente (INEA) adotou um novo Índice de Qualidade de Água para ambiente lótico, baseado em lógica nebulosa, o IQA_{FAL}, desenvolvido no âmbito do rio Paraíba do Sul. O objetivo principal deste estudo consiste em aplicar o IQA_{FAL} aos rios dos Macacos, Cabeça e Rainha, contribuintes da bacia de drenagem da Lagoa Rodrigo de Freitas, de grande interesse sócio-político-ambiental para a cidade do Rio de Janeiro. Busca-se analisar a sua adequação em sintetizar a qualidade de água em bacias hidrográficas de pequeno porte e primordialmente urbana. Para tanto, utilizam-se dados físicos, químicos e biológicos do INEA, no período 2003 - 2010. Os resultados mostraram que o IQA_{FAL} foi capaz de refletir a qualidade da água de modo satisfatório e compatível com os registros disponíveis e a percepção de especialistas acerca da real qualidade dos rios. Ou seja, este Índice se mostrou mais sensível às condições ruins, traduzindo a verdadeira condição destes corpos d'água, ao contrário do IQA_{CETESB}, que classifica estas águas como de qualidade mediana. Os resultados confirmam também as vantagens deste índice, observadas em estudos anteriores, sobretudo quanto à capacidade de identificar as variáveis de qualidade de água que são mais determinantes para o resultado final do Índice, através do estudo dos subíndices.

Palavras-chaves: Índice de qualidade de água; Lógica nebulosa; Ambientes lóticos. Bacia da Lagoa Rodrigo de Freitas-RJ.

ABSTRACT

The increasing anthropogenic pressure imposes the need for a systematic monitoring of water and its aquatic environments. The development of Water Quality Indexes, WQIs (IQAs, acronym in Portuguese) aims to turn data into accessible and easy understandable information for managers and water users, in order to reflect the deterioration of this resource in terms of watershed, throughout the time. The State of Rio de Janeiro Environmental Institute (INEA) has adopted a new Water Quality Index for lotic environments, based on fuzzy logic, the WQI, developed for the study in the range of the Paraíba do Sul river. The main goal of this study is to apply IQAFAL to the “dos Macacos”, the “Cabeça”, and the “Rainha” rivers, which are tributary rivers of the drainage basin of the Rodrigo de Freitas Lagoon, of a great socio-political-environmental interest for the city of Rio de Janeiro. The aim is to analyze their suitability in synthesizing the water quality in small river basin and primordially urban. To this end, we used physical, chemical and biological data from INEA, in the period 2003 to 2010. The results showed that the WQI was able to evidence the water quality in a satisfactory way and consistent with the available records and the perceptions of experts about the real quality of the rivers. In other words, this index was more sensitive to bad conditions, showing the true condition of these water bodies, unlike WQI_{CETESB} , which classifies these waters as average quality ones. The results also confirm the advantages of this index, observed in previous studies, especially its ability to identify the variables of water quality which are more decisive for the index outcome, through the study of subindexes.

Keywords: Water quality index. Fuzzy logic. Lotic environments. Basin of The Rodrigo de Freitas Lagoon-RJ.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1	- Ciclo Hidrológico com suas peculiaridades e seus principais processos e a mensuração em km ³ (x10 ³) dos fluxos de evaporação, precipitação e drenagem para os oceanos. Fonte: Tundisi, 2003	26
Figura 2	- Fluxograma dos subíndices que formam o IQA _{FAL} . Fonte: Pessoa, 2010	42
Figura 3	- Serra da Carioca, parte integrante do Maciço da Tijuca, e Lagoa Rodrigo de Freitas, vista a partir das imagens do Google Earth ..	45
Figura 4	- Bacia Hidrográfica da Lagoa Rodrigo de Freitas formada pelos rios dos Macacos, Cabeça e Rainha, vista a partir das imagens do Google Earth	46
Figura 5	- Sistemas de rios da bacia de drenagem da Lagoa Rodrigo de Freitas com suas áreas especiais de conservação ambiental e favelas urbanas, vista a partir das imagens do Google Earth	47
Figura 6	- Vista parcial da Vertente Sul da Serra da Carioca – Área drenada pelo rio dos Macacos – Modificado por Maurício Soares	48
Figura 7	- Vista parcial da Vertente Sul da Serra da Carioca – Área drenada pelo rio Cabeça – Modificado por Maurício Soares	49
Figura 8	- Vista parcial da Vertente Sul da Serra da Carioca – Área drenada pelo rio Rainha – Modificado por Maurício Soares	50
Figura 9	- Comporta e tomada d'água para desvio das águas do canal Visconde de Albuquerque para o Emissário Submarino de Ipanema. Fonte: FEEMA, 2006	51
Figura 10	- Condições de escoamento predominantes nos canais da Lagoa em função da operação das comportas. Fonte: FEEMA, 2006	51
Figura 11	- Localização dos pontos de monitoramento no rio dos Macacos utilizando o Google Earth	55

Figura 12	- Ponto situado no alto curso do rio dos Macacos, denominado MC085	56
Figura 13	- Ponto situado no médio-alto curso do rio dos Macacos, denominado MC075	56
Figura 14	- Ponto situado no médio-baixo curso do rio dos Macacos, denominado MC055	57
Figura 15	- Ponto situado no baixo curso do rio dos Macacos, denominado MC050	58
Figura 16	- Localização dos pontos de monitoramento no rio Cabeça utilizando o Google Earth	59
Figura 17	- Ponto situado no alto curso do rio Cabeça, denominado CB085 .	60
Figura 18	- Ponto situado no médio-alto curso do rio Cabeça, denominado CB080	60
Figura 19	- Ponto situado no médio-baixo curso do rio Cabeça, denominado CB075	61
Figura 20	- Ponto situado no baixo curso do rio Cabeça, denominado CB070	61
Figura 21	- Localização dos pontos de monitoramento no rio Rainha utilizando o Google Earth	62
Figura 22	- Ponto situado no alto curso do rio Rainha, denominado RN050 .	63
Figura 23	- Dois pontos situados no médio-alto curso do rio Rainha, denominados RN210 e RN040, respectivamente	64
Figura 24	- Ponto situado no médio-baixo curso do rio Rainha, denominado RN310	64
Figura 25	- Dois pontos situados no baixo curso do rio Rainha, denominados RN020 e RN010, respectivamente	65
Figura 26	- Mapa com os percentuais de resultados do IQA _{FAL} , em cada categoria, em cada ponto de coleta do rio dos Macacos	69

Figura 27	- Mapa com os percentuais de resultados do IQA _{CETESB} , em cada categoria, em cada ponto de coleta do rio dos Macacos	70
Figura 28	- Mapa com os percentuais de resultados do IQA _{FAL} , em cada categoria, em cada ponto de coleta do rio Cabeça	73
Figura 29	- Mapa com os percentuais de resultados do IQA _{CETESB} , em cada categoria, em cada ponto de coleta do rio Cabeça	74
Figura 30	- Mapa com os percentuais de resultados do IQA _{FAL} , em cada categoria, em cada ponto de coleta do rio Rainha	78
Figura 31	- Mapa com os percentuais de resultados do IQA _{CETESB} , em cada categoria, em cada ponto de coleta do rio Rainha	80
Figura 32	- Distribuição do resultado final do IQA _{FAL} e de seus subíndices “Trófico” e “Despejos Domésticos” no ponto de coleta MC085 (rio dos Macacos)	82
Figura 33	- Distribuição do resultado final do IQA _{FAL} e de seus subíndices “Trófico”, “Despejos Domésticos” e “Oxigênio” no ponto de coleta MC075 (rio dos Macacos)	83
Figura 34	- Distribuição do resultado final do IQA _{FAL} e de seus subíndices “Trófico”, “Despejos Domésticos” e “Oxigênio” no ponto de coleta MC055 (rio dos Macacos)	85
Figura 35	- Distribuição do resultado final do IQA _{FAL} e de seus subíndices “Trófico” e “Despejos Domésticos” no ponto de coleta MC050 (rio dos Macacos)	86
Figura 36	- Distribuição do resultado final do IQA _{FAL} e de seus subíndices “Trófico” e “Despejos Domésticos” no ponto de coleta CB085 (rio Cabeça)	87
Figura 37	- Distribuição do resultado final do IQA _{FAL} e de seus subíndices “Trófico”, “Despejos Domésticos” e “Oxigênio” no ponto de coleta CB080 (rio Cabeça)	88
Figura 38	- Distribuição do resultado final do IQA _{FAL} e de seus subíndices “Trófico” e “Despejos Domésticos” no ponto de coleta CB075 (rio Cabeça)	90

Figura 39	- Distribuição do resultado final do IQA _{FAL} e de seus subíndices “Trófico” e “Despejos Domésticos” no ponto de coleta CB070 (rio Cabeça)	91
Figura 40	- Distribuição do resultado final do IQA _{FAL} e de seus subíndices “Trófico” e “Despejos Domésticos” no ponto de coleta RN050 (rio Rainha)	92
Figura 41	- Distribuição do resultado final do IQA _{FAL} e de seus subíndices “Trófico”, “Despejos Domésticos” e “Oxigênio” no ponto de coleta RN210 (rio Rainha)	93
Figura 42	- Distribuição do resultado final do IQA _{FAL} e de seus subíndices “Trófico” e “Despejos Domésticos” no ponto de coleta RN040 (rio Rainha)	94
Figura 43	- Distribuição do resultado final do IQA _{FAL} e de seus subíndices “Trófico”, “Despejos Domésticos” e “Oxigênio” no ponto de coleta RN310 (rio Rainha)	95
Figura 44	- Distribuição do resultado final do IQA _{FAL} e de seus subíndices “Trófico”, “Despejos Domésticos” e “Oxigênio” no ponto de coleta RN020 (rio Rainha)	95
Figura 45	- Distribuição do resultado final do IQA _{FAL} e de seus subíndices “Trófico”, “Despejos Domésticos” e “Oxigênio” no ponto de coleta RN010 (rio Rainha)	96
Figura 46	- Resultados de OD (mg/L) nas quatro estações monitoradas do rio dos Macacos	100
Figura 47	- Resultados de DBO (mg/L) nas quatro estações monitoradas do rio dos Macacos	101
Figura 48	- Resultados de nitrogênio amoniacal total (mg/L) nas quatro estações monitoradas do rio dos Macacos	102
Figura 49	- Resultados de fósforo total (mg/L) nas quatro estações monitoradas do rio dos Macacos	102
Figura 50	- Resultados de Coliformes Termotolerantes (NMP/100mL) nas quatro estações monitoradas do rio dos Macacos	103

Figura 51	- Resultados da densidade de cianobactérias (nº células/L) nas quatro estações monitoradas do rio dos Macacos	104
Figura 52	- Resultados do Índice de Diversidade de Shannon-Weaver nas quatro estações monitoradas do rio dos Macacos	105
Figura 53	- Resultados de OD (mg/L) nas quatro estações monitoradas do rio Cabeça	106
Figura 54	- Resultados de DBO (mg/L) nas quatro estações monitoradas do rio Cabeça	107
Figura 55	- Resultados de nitrogênio amoniacal total (mg/L) nas quatro estações monitoradas do rio Cabeça	108
Figura 56	- Resultados de fósforo total (mg/L) nas quatro estações monitoradas do rio Cabeça	108
Figura 57	- Resultados de Coliformes Termotolerantes (NMP/100mL) nas quatro estações monitoradas do rio Cabeça	109
Figura 58	- Resultados da densidade de cianobactérias (nº células/L) nas quatro estações monitoradas do rio Cabeça	109
Figura 59	- Resultados do Índice de Diversidade de Shannon-Weaver nas quatro estações monitoradas do rio Cabeça	110
Figura 60	- Resultados de OD (mg/L) nas quatro estações monitoradas do rio Rainha	111
Figura 61	- Resultados de DBO (mg/L) nas quatro estações monitoradas do rio Rainha	112
Figura 62	- Resultados de nitrogênio amoniacal total (mg/L) nas quatro estações monitoradas do rio Rainha	113
Figura 63	- Resultados de fósforo total (mg/L) nas quatro estações monitoradas do rio Rainha	113
Figura 64	- Resultados de Coliformes Termotolerantes (NMP/100mL) nas quatro estações monitoradas do rio Rainha	114

Figura 65 - Resultados da densidade de cianobactérias (n ^o células/L) nas quatro estações monitoradas do rio Rainha	114
Figura 66 - Resultados do Índice de Diversidade de Shannon-Weaver nas quatro estações monitoradas do rio Rainha	115

LISTA DE TABELAS

Tabela 1	- Parâmetros do IQA_{CETESB} e respectivos pesos. Fonte: CETESB, 1976 <i>apud</i> Pessoa, 2010	36
Tabela 2	- Classificação em estatura dos homens adultos, de acordo com a altura (m)	37
Tabela 3	- Variáveis de qualidade de água utilizadas no cálculo do IQA_{FAL} . Fonte: Pessoa, 2010	39
Tabela 4	- Categorias do IQA_{FAL} . Fonte: Pessoa, 2010	43
Tabela 5	- Dados utilizados e suas respectivas unidades adotadas para o cálculo do IQA_{FAL} e IQA_{CETESB}	52
Tabela 6	- Datas das coletas utilizadas em cada trecho na bacia do rio dos Macacos	53
Tabela 7	- Datas das coletas utilizadas em cada trecho na bacia do rio Cabeça	53
Tabela 8	- Datas das coletas utilizadas em cada trecho na bacia do rio Rainha	54
Tabela 9	- Nomenclaturas, coordenadas e descrição dos pontos de amostragem do rio dos Macacos	58
Tabela 10	- Nomenclaturas, coordenadas e descrição dos pontos de amostragem do rio Cabeça	62
Tabela 11	- Nomenclaturas, coordenadas e descrição dos pontos de amostragem do rio Rainha	65
Tabela 12	- Base de resultados do IQA_{FAL} com seus respectivos critérios de classificação e cor	66
Tabela 13	- Resultado final e subíndices do IQA_{FAL} no ponto de coleta MC085 (rio dos Macacos)	67
Tabela 14	- Resultado final e subíndices do IQA_{FAL} no ponto de coleta MC075 (rio dos Macacos)	67
Tabela 15	- Resultado final e subíndices do IQA_{FAL} no ponto de coleta MC055 (rio dos Macacos)	67
Tabela 16	- Resultado final e subíndices do IQA_{FAL} no ponto de coleta MC050 (rio dos Macacos)	68

Tabela 17	- Resultado final e subíndices do IQA _{FAL} no ponto de coleta CB085 (rio Cabeça)	71
Tabela 18	- Resultado final e subíndices do IQA _{FAL} no ponto de coleta CB080 (rio Cabeça)	71
Tabela 19	- Resultado final e subíndices do IQA _{FAL} no ponto de coleta CB075 (rio Cabeça)	72
Tabela 20	- Resultado final e subíndices do IQA _{FAL} no ponto de coleta CB070 (rio Cabeça)	72
Tabela 21	- Resultado final e subíndices do IQA _{FAL} no ponto de coleta RN050 (rio Rainha)	75
Tabela 22	- Resultado final e subíndices do IQA _{FAL} no ponto de coleta RN210 (rio Rainha)	76
Tabela 23	- Resultado final e subíndices do IQA _{FAL} no ponto de coleta RN040 (rio Rainha)	76
Tabela 24	- Resultado final e subíndices do IQA _{FAL} no ponto de coleta RN310 (rio Rainha)	76
Tabela 25	- Resultado final e subíndices do IQA _{FAL} no ponto de coleta RN020 (rio Rainha)	77
Tabela 26	- Resultado final e subíndices do IQA _{FAL} no ponto de coleta RN010 (rio Rainha)	77
Tabela 27	Comparação entre os resultados obtidos com o IQA _{FAL} e o IQA _{CETESB} para os rios dos Macacos, Cabeça e Rainha (2003-2010)	81
Tabela 28	- Concentrações de Coliformes Termotolerantes utilizados no cálculo do IQA _{FAL} Fonte: tabela elaborada a partir de Pessoa (2010)	84
Tabela 29	- Concentrações de Coliformes Termotolerantes (NMP/100mL) no ponto de coleta MC075 (rio dos Macacos)	84
Tabela 30	- Resultado final e dos subíndices do IQA _{FAL} no ponto de coleta CB085 (rio Cabeça) em setembro de 2007. Fonte: extraída da Tabela 17, mostrada no item 3.2.1 .	87
Tabela 31	- Concentrações de cianobactérias (Nº células/ L) no ponto de coleta CB085 (rio Cabeça)	88

Tabela 32	-	Concentrações de Coliformes Termotolerantes (NMP/100mL) no ponto de coleta CB080 (rio Cabeça)	89
Tabela 33	-	Concentrações de Coliformes Termotolerantes (NMP/100mL) no ponto de coleta CB075 (rio Cabeça)	90
Tabela 34	-	Resultado final e dos subíndices do IQA_{FAL} no ponto de coleta CB075 (rio Cabeça) em setembro de 2007. Fonte: extraída da Tabela 19, mostrada no item 3.2.1	91
Tabela 35	-	Concentração de Oxigênio Dissolvido (mg/L), Demanda Bioquímica de Oxigênio (mg/L) e Coliformes Termotolerantes (NMP/100mL), no ponto de coleta RN310 (rio Rainha)	97
Tabela 36	-	Concentração de Oxigênio Dissolvido (mg/L), Demanda Bioquímica de Oxigênio (mg/L) e Coliformes Termotolerantes (NMP/100mL), nos pontos de coleta RN020 (rio Rainha)	97
Tabela 37	-	Concentração de Oxigênio Dissolvido (mg/L), Demanda Bioquímica de Oxigênio (mg/L) e Coliformes Termotolerantes (NMP/100mL), nos pontos de coleta RN010 (rio Rainha)	97
Tabela 38	-	Valores da Demanda Bioquímica de Oxigênio (mg/L) no ponto de coleta RN310 (rio Rainha)	112

SUMÁRIO

	INTRODUÇÃO	20
1	CONCEITOS BÁSICOS	25
1.1	Ambientes aquáticos e lóticos	25
1.2	Qualidade de água e sua degradação	27
1.3	Monitoramento da qualidade da água	30
1.4	Índices de qualidade de água	33
1.4.1	<u>Índices de qualidade de água tradicionais</u>	35
1.4.2	<u>Lógica nebulosa e índices de qualidade de água</u>	37
1.4.3	<u>IQA_{FAL}: Índice de Qualidade de Água para ambiente lótico, baseado em lógica nebulosa</u>	38
2	ÁREA DE ESTUDO: BREVE DESCRIÇÃO E METODOLOGIA DE CARACTERIZAÇÃO DA QUALIDADE DE ÁGUA	44
2.1	Área de estudo	44
2.1.1	<u>Rio dos Macacos</u>	47
2.1.2	<u>Rio Cabeça</u>	48
2.1.3	<u>Rio Rainha</u>	49
2.2	Metodologia de caracterização da qualidade de água	52
2.3	Pontos de coleta	55
2.3.1	<u>Rio dos Macacos</u>	55
2.3.2	<u>Rio Cabeça</u>	59
2.3.3	<u>Rio Rainha</u>	62
3	RESULTADOS E DISCUSSÃO: APLICAÇÃO DO IQA_{FAL}	66
3.1	Rio dos Macacos	66
3.1.1	<u>IQA_{FAL}: Resultado final e subíndices</u>	66
3.1.2	<u>Análise comparativa com IQA_{CETESB}</u>	70
3.2	Rio Cabeça	71
3.2.1	<u>IQA_{FAL}: Resultado final e subíndices</u>	71
3.2.2	<u>Análise comparativa com IQA_{CETESB}</u>	74
3.3	Rio Rainha	75
3.3.1	<u>IQA_{FAL}: Resultado final e subíndices</u>	75

3.3.2	<u>Análise comparativa com IQA_{CETESB}</u>	79
3.4	Considerações finais	80
4	RESULTADOS E DISCUSSÃO: SUBÍNDICES DO IQA_{FAL}	82
4.1	Rio dos Macacos	82
4.2	Rio Cabeça	86
4.3	Rio Rainha	92
5	RESULTADOS E DISCUSSÃO: AVALIAÇÃO DOS PARÂMETROS DO IQA_{FAL}	99
5.1	Rio dos Macacos	99
5.2	Rio Cabeça	105
5.3	Rio Rainha	110
5.4	Considerações finais	115
6	CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES	116
	REFERÊNCIAS	120