

UNIOESTE – UNIVERSIDADE ESTADUAL DO OESTE DO PARANÁ

CAMPUS FRANCISCO BELTRÃO/PR

**PÓS-GRADUAÇÃO *STRICTO SENSU* – MESTRADO EM GEOGRAFIA: PRODUÇÃO DO ESPAÇO
E MEIO AMBIENTE**

CRISTINA POLL BIGUELINI

**QUALIDADE DA ÁGUA E PODER DE DEPURAÇÃO DO RIO MARRECAS EM
SEU MÉDIO E BAIXO CURSO**

Francisco Beltrão/PR
2013

**UNIOESTE – UNIVERSIDADE ESTADUAL DO OESTE DO PARANÁ
CAMPUS FRANCISCO BELTRÃO/PR**

**PÓS-GRADUAÇÃO *STRICTO SENSU* – MESTRADO EM GEOGRAFIA: PRODUÇÃO DO ESPAÇO
E MEIO AMBIENTE**

CRISTINA POLL BIGUELINI

**QUALIDADE DA ÁGUA E PODER DE DEPURAÇÃO DO RIO MARRECAS EM
SEU MÉDIO E BAIXO CURSO**

Dissertação apresentada como requisito para obtenção do título de “Mestre em Geografia - Produção do espaço e meio ambiente”, inserido na linha de pesquisa “Dinâmica, Utilização e Preservação do Meio Ambiente”, do Programa de Pós-Graduação *Stricto Sensu* em Geografia, Área de Concentração Produção do Espaço e Meio Ambiente, da Universidade Estadual do Oeste do Paraná – UNIOESTE, Campus de Francisco Beltrão.

Orientador: Prof. Dr. Júlio César Paisani

Francisco Beltrão
2013

Catálogo na Publicação (CIP)
Sistema de Bibliotecas - UNIOESTE – Campus Francisco Beltrão

Biguelini, Cristina Poll

B594 Qualidade da água e poder de depuração do rio Marrecas em seu médio e baixo curso. / Cristina Poll Biguelini. – Francisco Beltrão, 2013.
175f.

Orientador: Prof. Dr. Julio César Paisani.
Dissertação(Mestrado) – Universidade Estadual do Oeste do Paraná – Campus de Francisco Beltrão.

1. Rio Marrecas - Sudoeste do Paraná. 2. Rio Marrecas – Francisco Beltrão. 3. Recursos hídricos. 4. Bacia hidrográfica. I. Paisani, Julio César. II. Título.

CDD –551.48098162

**UNIVERSIDADE ESTADUAL DO OESTE DO PARANÁ
CENTRO DE CIÊNCIAS HUMANAS – CCH
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM GEOGRAFIA – NÍVEL DE MESTRADO**

DISSERTAÇÃO DE MESTRADO

**QUALIDADE DA ÁGUA E PODER DE DEPURAÇÃO DO RIO
MARREAS EM SEU MÉDIO E BAIXO CURSO**

Autora: Cristina Poll Biguelini

Orientador: Prof. Dr. Julio Cesar Paisani

Este exemplar corresponde à redação final da
Dissertação defendida por Cristina Poll Biguelini e
aprovada pela comissão julgadora.

Data: 08/02/2013

Assinatura:



Comissão Julgadora:



Prof. Dr. Julio Cesar Paisani (UNIOESTE – F.B)



Prof. Dr. Luciano Zanetti Pessoa Candioto (UNIOESTE –
F.B)



Prof. Dr. Julio Caetano Tomazoni (UTFPR – F.B)

AGRADECIMENTOS

Primeiramente gostaria de agradecer a minha família pela paciência que tiveram comigo no período de desenvolvimento deste trabalho.

Agradeço a professora Doutora Rosana Biral Leme, pelo incentivo inicial na realização de um bom projeto de pesquisa, quando fui aluna especial.

Agradeço muito a meu orientador Professor Doutor Julio Paisani, por ter confiado e acreditado que eu seria capaz de desenvolver um trabalho tão complexo, embora eu não seja da área da geografia.

Agradeço ao programa do mestrado, pelo financiamento de parte das análises laboratoriais da pesquisa.

Agradeço a Andreia Cucchi, assistente do programa de mestrado, que esteve sempre pronta a me fornecer todas as informações necessárias.

Agradeço muitíssimo a meu colega de mestrado Jacson Gosman pela presteza em ensinar-me na realização das determinações dos perfis das áreas de pesquisa, nas medições em campo, no uso do clinômetro e nos desenhos dos perfis transversais. Obrigada colega e sucesso!

Agradeço também a meu colega Wagner Aguiar pelas varias orientações nos cálculos de vazão e também em ter me ensinado a usar o molinete para determinação da velocidade da água.

Agradeço a meus sobrinhos Diego Poll Richter e Franco Poll Skrebsky pela ajuda nas coletas das amostras e medições de vazão.

Agradeço a minha sobrinha Cecília Brasil Biguelini, mestre em estatística pela UFRGS, pelas análises estatísticas dos dados.

Agradeço ao pessoal do laboratório de águas pela disponibilização do espaço e utilização dos equipamentos para a realização das análises laboratoriais.

Agradeço também ao LGQ laboratório pelo empréstimo do oxímetro para determinação do oxigênio dissolvido nos locais de coleta de amostras de água.

Agradeço a Deus por tudo de bom ocorrido no período, pela minha saúde e força, na realização deste trabalho e pela oportunidade de ter vivenciado tal experiência, tão rica e construtiva, que em muito serviu e servirá, tanto na minha formação pessoal, como profissional!

SUMÁRIO

LISTA DE TABELAS	8
LISTA DE QUADROS.....	8
LISTA DE FIGURAS	9
LISTA DE SIGLAS E ABREVIações	12
RESUMO.....	13
ABSTRAT	14
1 INTRODUÇÃO	15
1.1 OBJETIVOS	18
1.1.1 Objetivos gerais.....	18
1.1.2 Objetivos específicos.....	18
2 REFERENCIAL TEÓRICO.....	19
2.1 RECURSOS HÍDRICOS	19
2.1.1 Usos da água	21
2.1.2 Legislação sobre água	23
2.1.3 Fontes poluidoras da água	25
2.2 HIDROLOGIA DA BACIA HIDROGRÁFICA.....	29
2.3 MONITORAMENTO DA QUALIDADE DA AGUA	34
2.3.1 Índice de qualidade da água da Agência Nacional de Águas (ANA)	38
2.3.2 Índice de estado trófico (IET)	47
2.3.3 Vazão e poder de depuração	49
2.4 TEORIA SISTÊMICA – SISTEMA CAIXA PRETA.....	52
3 ÁREA DE ESTUDO	55
3.1 BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO MARRECAS	55
3.1.1 Clima	59
3.1.2 Relevo e solo.....	59
3.1.3 Rio Marrecas	61
3.2 SITIO URBANO DE FRANCISCO BELTRÃO	62
4 MÉTODOS E TÉCNICAS.....	66
4.1 LOCAIS DE MONITORAMENTO.....	66
4.1.1 Monitoramento à montante do perímetro urbano de Francisco Beltrão (ponto 1)	67
4.1.2 Monitoramento à jusante do perímetro urbano de Francisco Beltrão (ponto 2)	67
4.1.3 Monitoramento próximo à foz do rio Marrecas (ponto 3)	67
4.2 SISTEMATIZAÇÃO DAS COLETAS.....	69
4.3 ANÁLISES DE QUALIDADE DA ÁGUA	70
4.3.1 Parâmetros que compõem o índice de qualidade da água	70
4.3.2 Parâmetros complementares para o monitoramento da qualidade da água	77

4.4 ÍNDICE DE ESTADO TRÓFICO (IET).....	79
4.5 VAZÃO	80
4.6 PODER DE DEPURAÇÃO OU AUTODEPURAÇÃO	85
4.7 TRATAMENTO ESTATÍSTICO DOS DADOS.....	85
5 APRESENTAÇÃO E INTERPRETAÇÃO DOS RESULTADOS.....	87
5.1 ANÁLISES DE QUALIDADE DA AGUA	88
5.1.1 Oxigênio dissolvido (OD).....	88
5.1.2 Número mais provável de coliformes termotolerantes (NMP)	89
5.1.3 Determinação de pH (Potencial Hidrogeniônico).....	94
5.1.4 Demanda bioquímica de oxigênio (DBO)	96
5.1.5 Nitrogênio total	98
5.1.6 Fósforo total	101
5.1.7 Turbidez	105
5.1.8 Sólidos totais	107
5.1.9 Temperatura de desvio.....	108
5.2 ÍNDICE DE QUALIDADE DA ÁGUA (IQA)	109
5.3 PARÂMETROS COMPLEMENTARES PARA O MONITORAMENTO DA QUALIDADE DA ÁGUA.....	113
5.3.1 Demanda Química de Oxigênio (DQO).....	113
5.3.2 Sólidos totais dissolvidos (STD).....	115
5.3.3 Condutividade elétrica	117
5.4 ÍNDICE DE ESTADO TRÓFICO- IET.....	118
5.5 VAZÃO	121
5.6 PODER DE DEPURAÇÃO OU AUTODEPURAÇÃO DO CORPO HIDRICO	127
6 CONCLUSÃO	130
REFERÊNCIAS.....	138
APÊNDICES	149
APÊNDICE 1- LAUDOS DE ANÁLISE DA ÁGUA	149
APÊNDICE 2: TABELAS DE RESULTADOS GERAIS	165
APÊNDICE 3 - TABELAS DE NMP	168

LISTA DE TABELAS

Tabela 1- Índice de Qualidade das águas pela ANA.....	39
Tabela 2- Resultados para o IQA.....	41
Tabela 3 - Valores normais da relação entre as variáveis de determinação de qualidade da água.....	42
Tabela 4- Critérios para classificação do índice de estado trófico (IET).....	48
Tabela 5- Resultados de DQO no local de coleta à montante do perímetro urbano, nos meses de agosto e outubro de 2011.	113
Tabela 6 - Resultados de DQO no local de coleta à jusante do perímetro urbano, nos meses de agosto e outubro de 2011.	114
Tabela 7- Resultados de DQO no local de coleta próximo a foz com o rio Santana, nos meses de agosto e outubro de 2011.	115
Tabela 8- Classificação de estado trófico em rios (Carlson modificado)	118
Tabela 9- Médias dos resultados das variáveis no local de monitoramento à montante do perímetro urbano	124
Tabela 10 - Médias dos resultados das variáveis a jusante do perímetro urbano... ..	125
Tabela 11- Médias dos resultados das variáveis próximo a foz do rio Marrecas	127
Tabela 12- Panorama geral dos resultados no local de monitoramento a montante do perímetro urbano, em agosto de 2011	165
Tabela 13- Panorama geral dos resultados no local de monitoramento à jusante do perímetro urbano, em agosto de 2011	165
Tabela 14- Panorama geral dos resultados no local de monitoramento próximo a foz com o rio Santana, em agosto de 2011.....	166
Tabela 15 - Panorama geral dos resultados no local de monitoramento à montante do perímetro urbano, em outubro de 2011	166
Tabela 16- Panorama geral dos resultados no local de monitoramento à jusante do perímetro urbano, em outubro de 2011	167
Tabela 17 - Panorama geral dos resultados no local de monitoramento próximo a foz com o rio Santana, em outubro de 2011	167

LISTA DE QUADROS

QUADRO 1- Fontes e poluição e contaminação de mananciais naturais	27
QUADRO 2 - Diferenças entre fontes pontuais e fontes difusas de poluição de um corpo hídrico.....	28
QUADRO 3- Variáveis utilizadas nos diferentes índices de qualidade da água.....	36

LISTA DE FIGURAS

FIGURA 1 - Ciclo da contaminação urbana de cursos d'água.	26
FIGURA 2 - Divisor de águas e configuração de bacias hidrográficas.	30
FIGURA 3- Exemplo de bacia hidrográfica	31
FIGURA 4- Índice de qualidade das águas (IQA) do Rio Marrecas de 1995 a 2001.	38
FIGURA 5- Curvas médias de valores de variação da qualidade da água, utilizadas no cálculo do índice de qualidade da água.	40
FIGURA 6 -Teoria sistêmica – sistema caixa preta.....	54
FIGURA 7- Bacia hidrográfica do Rio Marrecas.....	57
FIGURA 8- Perfil longitudinal da área de abrangência do estudo na bacia hidrográfica do Rio Marrecas, com marcação dos locais de monitoramento 1, 2 e 3.	62
FIGURA 9- Localização geográfica de Francisco Beltrão/PR	63
FIGURA 10- Localização do monitoramento à montante, junto à estação de captação da SANEPAR. Coordenada geográfica: 26 04'52.74"S/53 04'30.35"O(UTM: 0292522 N; 7113635 E).	67
FIGURA 11- Localização do local de monitoramento à jusante, na Ponte da rodovia Contorno Norte, final do sítio urbano da cidade de Francisco Beltrão. Coordenada geográfica: 26 03'14.55"S/53 02'48. 87"O (UTM: 0295264 N; 7116740 E).	68
FIGURA 12 - Localização do local de monitoramento próximo à foz do rio Marrecas com o rio Santana. Coordenada geográfica: 25 57'29.71'S/52 56'15. 88"O (UTM: 0295252,39 N; 7116757 E).	68
FIGURA 13 - Médias pluviométricas Históricas – Francisco Beltrão/PR – 1974/2010.	69
FIGURA 14- Oxímetro Oxygen Meter® utilizado nas medições de Oxigênio dissolvido e temperatura.....	71
FIGURA 15- Técnica de diluição em tubos, série de 10 tubos, de NMP para coliformes em água.	72
FIGURA 16- Phmetro LUTRON®PH-221 utilizado na medição de pH.	73
FIGURA 17- Técnica de realização de DBO em amostras de água – verificação da taxa de oxigênio dissolvido inicial.....	74
FIGURA 18- Turbidímetro TECNAL® TB1000, usado na determinação da turbidez nas amostras de água.	76
FIGURA 19- Processo de evaporação da água na determinação dos sólidos totais.	76
FIGURA 20- Digestor de alta temperatura para determinação de DQO	77
FIGURA 21- Condutivímetro TECNAL® TEC 4MP	79
FIGURA 22- Medição da velocidade da água com molinete e coleta de amostras, com uso de bote inflável.....	81
FIGURA 23- Seção transversal da área à montante do perímetro urbano - Coordenada geográfica: 26 04'52.74"S / 53 04'30.35"O / (UTM: 0292522 N ; 7113635 E).	81

FIGURA 24- Seção transversal da área à jusante do perímetro urbano – Coordenada geográfica: 26 03'14.55"S / 53 02'48. 87"O / (UTM: 0295264 N; 7116740 E).....	82
FIGURA 25- Seção transversal da área próxima a fóz – Coordenada geográfica: 25 57'29.71'S / 52 56'15. 88"O / (UTM: 0295252,39 N; 7116757 E).....	82
FIGURA 26- Molinete Fluviométrico Universal de Newton.....	83
FIGURA 27- Régua de medição do nível de água da SANEPAR, no local de monitoramento à montante do perímetro urbano.	84
FIGURA 28-Medição da velocidade da água com molinete e coleta de amostras, com uso de macacão impermeável.....	84
FIGURA 29-Taxas de oxigênio dissolvido encontrados nos três locais de monitoramento do Rio Marrecas– Francisco Beltrão, nos meses de agosto e outubro de 2011, com destaque às médias mensais obtidas.....	89
FIGURA 30- Resultados de Coliformes termotolerantes nos meses de agosto e outubro nos três locais de monitoramento do Rio Marrecas – Francisco Beltrão.....	90
FIGURA 31- Correlação entre a vazão e os índices de Coliformes termotolerantes no local de monitoramento à montante do perímetro urbano.....	92
FIGURA 32- Correlação entre a vazão e os índices de Coliformes termotolerantes no local de monitoramento à jusante do perímetro urbano.	93
FIGURA 33- Correlação entre a vazão e os índices de Coliformes termotolerantes no local de monitoramento próximo a foz com o rio Santana.....	93
FIGURA 34- Relação entre o pH da água e sua temperatura nos locais de monitoramento do rio Marrecas em agosto e outubro de 2011.....	95
FIGURA 35- Valores de pH nos locais de monitoramento do rio Marrecas em agosto e outubro de 2011, com destaque para o limite superior (LS) e o limite inferior (LI) da faixa de normalidade de pH segundo a CONAMA 357/05.	95
FIGURA 36- Valores de DBO no local de monitoramento do rio Marrecas à montante do perímetro urbano, em agosto e outubro de 2011.	96
FIGURA 37- Valores de DBO no local de monitoramento à jusante do perímetro urbano em agosto e outubro de 2011.	97
FIGURA 38- Valores de DBO no local de monitoramento próximo a foz com o rio Santana, em agosto e outubro de 2011.	98
FIGURA 39- Valores de Nitrogênio total no local de monitoramento à montante do perímetro urbano, em agosto e outubro de 2011.....	99
FIGURA 40- Valores de Nitrogênio total no local de monitoramento à jusante do perímetro urbano em agosto e outubro de 2011.....	100
FIGURA 41- Valores de Nitrogênio total no local de monitoramento do rio Marrecas próximo a foz com o rio Santana, em agosto e outubro de 2011.....	100
FIGURA 42- Fósforo total no local de monitoramento do rio Marrecas, à montante do perímetro urbano, de agosto e outubro de 2011.	102
FIGURA 43- Fósforo total no local de monitoramento à jusante do perímetro urbano em agosto e outubro de 2011.....	103
FIGURA 44- Fósforo total no local de monitoramento próximo a foz rio Marrecas, em agosto e outubro de 2011.	104

FIGURA 45- Valores de turbidez encontrados nos locais de monitoramento do rio Marrecas em agosto e em outubro de 2011.....	105
FIGURA 46- Relação da turbidez com a precipitação do período de agosto e outubro de 2011 no Rio Marrecas.	106
FIGURA 47- Valores de sólidos totais obtidos nos locais de monitoramento do rio Marrecas, nos meses de agosto e outubro de 2011.	107
FIGURA 48- Valores de temperatura da água nos locais de monitoramento do Rio Marrecas, nos meses de agosto e outubro de 2011.	108
FIGURA 49- Variações do IQA nos meses de agosto e outubro de 2011 nos locais de monitoramento do Rio Marrecas	110
FIGURA 50- Classificação do IQA segundo ANA (2005) nos três locais de coleta, no mês de agosto de 2011.....	111
FIGURA 51- Classificação do IQA nos três locais de coleta, no mês de outubro de 2011.	112
FIGURA 52- Valores de sólidos totais dissolvidos encontrados nos locais de monitoramento do rio Marrecas nos meses de agosto e outubro de 2011, com indicação do padrão CONAMA 357/2005.	116
FIGURA 53- Valores de condutividade elétrica encontrados nos locais de monitoramento do rio Marrecas nos meses de agosto e outubro de 2011, com destaque ao padrão de Chapman (1996).....	117
FIGURA 54- Índice de estado de trofia nos meses de agosto e outubro de 2011, no local de monitoramento à montante do perímetro urbano.	119
FIGURA 55 - Índice de estado de trofia nos meses de agosto e outubro de 2011, no local de monitoramento à jusante do perímetro urbano.	120
FIGURA 56- Índice de estado de trofia nos meses de agosto e outubro de 2011, no local de monitoramento próximo a foz do rio Marrecas.....	120
FIGURA 57- Pluviosidades diárias dos meses de agosto e outubro de 2011/ Francisco Beltrão/PR*	122
FIGURA 58- Valores de vazão e precipitação no local de monitoramento à montante do perímetro urbano, nos meses de agosto e outubro de 2011.	123
FIGURA 59 - Correlação entre alterações de pH e temperatura da água nos três locais de monitoramento	124
FIGURA 60 - Valores de vazão e precipitação do local de monitoramento à jusante do perímetro urbano nos meses de agosto e outubro de 2011.....	125
FIGURA 61- Valores de vazão e precipitação no local de monitoramento próximo a foz do rio Marrecas, nos meses de agosto e outubro de 2011.....	126
FIGURA 62- Médias de DQO, DBO e OD dos locais de monitoramento do rio Marrecas, em agosto de 2011.....	128
FIGURA 63- Médias de DQO, DBO e OD dos locais de monitoramento do rio Marrecas, em outubro de 2011.	129

LISTA DE SIGLAS E ABREVIACOES

Sigla/Abreviatura	Significado
ANA	Agencia Nacional de guas
APHA	American Public Health Association
CETESB	Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental
CFA	Clima temperado húmido com Verão quente
CONAMA	Conselho Nacional do Meio Ambiente
DBO	Demanda bioquímica de oxigênio
DNAEE	Departamento nacional de guas e energia
DQO	Demanda química de oxigênio
FTU	Formazine turbidity unit
FUNASA	Fundação nacional de saúde
h	Hora
IAPAR	Instituto ambiental do Paraná
IBGE	Instituto Brasileiro de geografia e estatística
ICMS	Imposto sobre circulação de mercadorias e serviços
IET	ndice de estado trfico
IN	Instrução normativa
IPARDES	Instituto paranaense de desenvolvimento econômico e social
IQA	ndice de qualidade da gua
ISO	International Organization for Standardization
KM	Quilometro
L	Litro
LGQ	Laboratório para garantia da qualidade
LTDA	Limitada
M	Metro
M3	Metro cubico
MAPA	Ministério da agricultura e pecuária
mg	Miligramas
Nm	Nanmetro
NMP	Numero mais provável
NTU	Nefelometric turbidity unit
O2	Oxigênio
OD	Oxigênio dissolvido
OMS	Organização mundial da saúde
PH	Potencial hidrogeniônico
PNMA	Programa nacional de meio ambiente
RPS	Rotações por segundo
SABESP	Companhia de Saneamento Básico do Estado de São Paulo
SANEPAR	Companhia de Saneamento do Paraná
SISNAMA	Sistema Nacional do Meio Ambiente
STD	Sólidos totais dissolvidos
SUDERHSA	Superintendência de Desenvolvimento de Recursos Hídricos e Saneamento Ambiental
TC	Temperatura em graus Celsius
μ S/cm	Micro Siemens por cm
UT	Unidade de turbidez

RESUMO

A escassez da qualidade da água e a preocupação para que a sua gestão ocorra de modo mais descentralizado possível é uma das maiores problemáticas da atualidade e não seria diferente no município de Francisco Beltrão, que devido ao rápido e elevado desenvolvimento urbano, tornou-se o mais populoso da região sudoeste do Paraná. Situação que derivou em um aparente processo de degradação do rio Marrecas, com ampla diminuição da cobertura vegetal, moradias irregulares e diversos lançamentos de efluentes (muitos irregulares). Neste contexto, buscou-se monitorar a qualidade do rio Marrecas em seu médio e baixo curso, para verificação dos níveis de poluição, do processo de eutrofização e do poder de depuração através do monitoramento em três locais de seu percurso pela área urbana de Francisco Beltrão (antes e após a área urbana e próximo a sua foz), utilizando-se da teoria sistêmica da caixa preta, por meio de análises físico-químicas e microbiológicas de controle, realizados sazonalmente, no período de maior e menor pluviosidade (agosto e outubro de 2011), diagnosticando a situação atual através da metodologia de classificação “Índice de Qualidade das águas” (ANA, 2005), para tomada de ações corretivas e preventivas futuras. Tais variáveis foram associadas aos resultados de vazão e de pluviosidade do período. Os resultados obtidos demonstraram que algumas variáveis, se analisadas *in loco*, apresentaram valores de normalidade e outras extrapolaram os limites estipulados na legislação vigente. O Índice de qualidade da água final variou entre a faixa de “ruim” a “regular” no mês de agosto de 2011; e entre “ruim” a “bom” em outubro. O Índice de estado trófico oscilou entre eutrófico, mesotrófico e supereutrófico. Quanto ao poder de depuração do rio, utilizaram-se as variáveis DBO, DQO e OD, comparando-se os valores à montante e à jusante, com os encontrados próximo a foz com o rio Santana, concluindo-se que no mês de agosto o rio não conseguiu depurar a carga de poluentes, mas em outubro o processo de depuração foi observado.

Palavras-chaves: Qualidade da água; Índice de estado trófico; Poder de depuração.

ABSTRAT

The scarcity of water quality and concern for their management occurs in a more decentralized as possible is one of the biggest problems of today and would not be different in the municipality of Francisco Beltrão, that due to the large and rapid urban development, has become the most populous southwestern region of Paraná. Situation that was derived in an apparent degradation of the river Marrecas with wide decrease in vegetation cover, and several irregular housing effluent releases (many illegal). We tried to monitor the quality of the river in its middle reaches Marrecas, verifying the levels of pollution, eutrophication and the power to purify contamination suffered in the urban area, three monitoring points (before and after the urban area and near its mouth), by means of physico-chemical and microbiological control carried out seasonally, between higher and lower rainfall (August-October 2011), diagnosing the current situation through the classification methodology "Quality Index of waters" (ANA, 2005), for taking corrective and preventive actions in the future. These variables were associated with the results of flow and rainfall for the period. The results showed that some variables are analyzed in situ, showed normal values and other surpass the limits stipulated by law. The index of the final water quality varied between the range of "bad" to "regular" in August 2011, and between "bad" to "good" in October. The trophic state index ranged from eutrophic, mesotrophic and supereutrífico. The power of purification of the river, we used the variables BOD, COD and OD values were compared between the two point tracking (outside the city) and paragraph 3 of monitoring (near the mouth), concluding that in August the river could not debug the load of pollutants, but in October the debugging process was observed.

Keywords: Quality of water; Trophic state index; Power debugging.

1 INTRODUÇÃO

A crescente preocupação em relação à qualidade das águas tem seu principal foco no desenfreado crescimento demográfico e no aumento de atividades potencialmente impactantes. A ação antrópica, através do lançamento de matéria orgânica, substâncias tóxicas e nutrientes, via efluentes domésticos e industriais ou ainda resultantes do processo de manejo inadequado de lavouras e solos, afetam a qualidade do ambiente, prejudicando os organismos aquáticos ou mesmo para a saúde humana, por meio da ingestão de águas contaminadas (FIA et al., 2009).

A problemática ecológica da atualidade afeta os mais diversos povos e classes sociais, embora alguns, sabidamente os que mais ocupam as áreas de risco, sintam com maior intensidade os impactos ambientais, que outros. Todavia, problemas como poluição da água e do ar, rompimento da camada de ozônio e contaminação de alimentos, por exemplo, não distinguem grupos sociais. Portanto, a proteção do meio ambiente vem se tornado um campo de atuação com maior importância para governos, indústrias, grupos sociais e indivíduos. Recorda-se que nas duas últimas décadas essas questões tem exercido maior influência nos custos econômicos, na produção sustentável, no desenvolvimento de produtos em vários setores, tornando-se desafio para as indústrias. Setor este também afetado pela crescente pressão ambiental, principalmente com a introdução das normas de gestão pela qualidade ambiental, a exemplo da série ISO 14000.

Reporta-se então a uma das maiores problemáticas atuais, que é a escassez da qualidade da água e a preocupação de que sua gestão ocorra do modo mais descentralizado possível, prevendo por seu valor natural e econômico, usos múltiplos em todas suas áreas de ocorrência.

A Legislação brasileira, por meio da Lei 9433/97, já trabalha esta problemática e cita que “a água é um bem de domínio público; um recurso natural limitado, dotado de valor econômico; e a gestão dos recursos hídricos deve sempre proporcionar o uso múltiplo das águas, e deve ser descentralizada e contar com a participação do Poder Público, dos usuários e das comunidades” (BRASIL, 1997. Art.1).

Este modelo atual de economia, cada vez mais centrada nas dinâmicas inerentes a intensificação do sistema vigente, acaba por fomentar as ocupações em

áreas de risco, como aterros e outras, derivando em aumento de áreas degradadas, descarte impróprio de esgotos e lixos, bem como outras situações de risco (BRASIL, 1995).

Dentro deste contexto encontram-se também as ações relativas ao meio ambiente, pois avaliar para planejar permite que o desenvolvimento econômico e a qualidade de vida possam estar caminhando juntas; situações que comumente não são vistas como risco ou problema ambiental, em municípios pequenos, com grande diversidade de fauna e flora, abundância de águas e qualidade de vida razoável (TAUK, 1995). Pois é sabido que, o adensamento populacional, bem como a ocupação desordenada, gera um desafio para o poder público no serviço de distribuição de água potável nas grandes cidades, que um dia já foram pequenas e encontram problemas ambientais graves porque não os trabalharam as situações de risco antes de o adensamento populacional chegar.

A problemática no processo de urbanização reflete diretamente na qualidade da água dos mananciais que abastecem as cidades. Nas políticas públicas de preservação do meio ambiente, há de se pensar numa análise mais aprofundada das estratégias de controle da poluição da água (MERTEN, 2002).

Nas últimas décadas o município de Francisco Beltrão apresentou rápido e elevado desenvolvimento urbano e tornou-se o mais populoso da região sudoeste do Paraná. Atualmente, a cidade é um pólo referencial em diversos setores (saúde, comércio, transporte...) para a região e os municípios vizinhos que fazem uso destes serviços tomam o local como exemplo de desenvolvimento e crescimento. Situação que derivou em aparente processo de degradação do rio Marrecas, com ampla diminuição da cobertura vegetal, moradias irregulares e diversos lançamentos de efluentes (muitos irregulares).

Quanto ao esgoto e suas redes de coleta, o município apresenta um índice de 66% de cobertura no sistema de coleta e tratamento de esgotos (ETE/SANEPAR, 2010), mas mesmo assim o déficit ainda é de 34%. A estação de tratamento do esgoto municipal localiza-se as margens do rio Marrecas e despeja diariamente seus efluentes neste, que embora tratados contribuam na carga total de efluentes lançados, os quais precisam ser depurados, ficando assim a indagação da capacidade depurativa deste rio.

Situação que retrata tal problemática é a de países e/ou estados que apresentam grandes áreas impactadas derivadas do rápido desenvolvimento

econômico, onde a ausência no controle e manutenção dos recursos naturais tem como consequência a poluição, o uso incontrolado de recursos como água e energia entre outros. Enquanto que em outros se encontram áreas impactadas devido ao subdesenvolvimento e conseqüentemente uma ocupação urbana indevida em áreas protegidas, associado à falta de saneamento básico.

Ao se discutir a capacidade de suporte de um corpo d'água, destaca-se a Resolução Federal CONAMA 357/05, que estabelece: “no caso de empreendimento de significativo impacto, o órgão ambiental competente exigirá [...] a apresentação de estudo de capacidade de suporte de carga do corpo de água receptor” (CONAMA, 2005. Art.26). O referido artigo traz à tona o conceito de capacidade de suporte e submete desse modo, os padrões de emissão de poluentes à manutenção dessa capacidade de suporte. O texto traz ainda um reforço a essa diretiva: “os efluentes não poderão conferir ao corpo de água características em desacordo com as metas [...] do seu enquadramento” (CONAMA, 2005. Art.28).

Através deste trabalho de pesquisa buscou-se monitorar a qualidade do rio Marrecas em seu médio e baixo curso, para verificação dos níveis de poluição, o processo de eutrofização e o poder de depuração da contaminação sofrida na área urbana de Francisco Beltrão e desta forma especificar as possíveis fontes poluidoras, provenientes do processo de industrialização/urbanização da cidade, através da avaliação da capacidade de autodepuração dos corpos receptores (rio Marrecas) dos efluentes de sistemas de esgotos sanitários e industriais: vazões mínimas do curso d'água, capacidade de reaeração e velocidade de escoamento, por meio de análises físico-químicas e microbiológicas de controle, realizados sazonalmente, no período de maior e menor pluviosidade (agosto e outubro de 2011), e diagnosticar a situação atual ao aplicar também a metodologia de classificação “Índice de Qualidade das águas” (ANA, 2005), para que assim sejam tomadas ações corretivas e preventivas futuras.

O trabalho de pesquisa insere-se na teoria sistêmica sequencial da caixa preta, que trata o sistema como uma unidade, com a atenção dirigida para o caráter de *output* resultante dos *inputs* identificados (CHRISTOFOLETTI, 1979). Ele está estruturado da seguinte forma: primeiramente a revisão bibliográfica de temas relativos a águas superficiais e sua qualidade, descrição da área de estudo, discriminação dos métodos utilizados na pesquisa de campo, seus resultados e

discussões, finalizando com algumas considerações sobre a situação atual da qualidade da água do rio Marrecas no seu médio e baixo curso.

1.1 OBJETIVOS

1.1.1 Objetivos gerais

-Analisar indicadores de qualidade da água do rio Marrecas em seu médio e baixo curso, buscando a identificação do poder de depuração da poluição derivada da área urbana da cidade de Francisco Beltrão/PR.

1.1.2 Objetivos específicos

- Verificar o Índice de Qualidade da Água (IQA);
- Identificar o Índice de estado trófico (IET);
- Determinar a vazão e correlacionar com a concentração de possíveis poluentes;
- Verificar o poder de depuração nas águas do rio Marrecas, caso a qualidade da água se encontre comprometida.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

Para a realização da pesquisa de qualidade da água do rio Marrecas em seu médio e baixo curso, com avaliação de seu poder de depuração da poluição urbana, fez-se necessário a realização de uma revisão teórica, com aprofundamento em diversos conceitos envolvidos na temática. Tal revisão ficou ancorada nos tópicos que derivam em conhecimentos sobre a temática água. Com isso procurou-se entender melhor os conceitos de recursos hídricos num contexto geral, os diversos usos que se faz da água, a legislação que a salvaguarda, bem como suas fontes poluidoras. A hidrologia de uma bacia hidrográfica e as formas de monitoramento de qualidade da água dos rios que a compõem também foi discutida.

2.1 RECURSOS HÍDRICOS

Inicia-se este tópico ao se conceituar “água”, que para o dicionário de termos hidrológicos é “a fase líquida de um composto químico formado aproximadamente por duas partes de hidrogênio e 16 partes de oxigênio em peso, estando na natureza composta por pequenas quantidades de água pesada, de gases e de sólidos (principalmente sais), em dissolução” (DNAEE, 1976). Assim, as águas de mares e oceanos, não estão disponíveis devido o excesso de cloreto de sódio dissolvido.

Do mesmo modo, um grande número de substâncias minerais e orgânicas, presentes na água, determinam a sua condição de classe ou categoria (BRASIL, 1945). Por outro lado, a presença de organismos na água, também é determinada pela concentração e tipo de substâncias presentes, pois a água atua como veículo de transferência de substâncias e organismos, inclusive microrganismos patogênicos (LIMA, 2005).

O manual de saneamento da FUNASA (2007) retrata em números a quantidade de água livre que o planeta terra dispõe:

A quantidade de água livre sobre a terra atinge 1.370 milhões km³, correspondente a uma camada imaginária de 2.700m de espessura sobre toda a superfície terrestre (510 milhões de km²) ou a profundidade de 3.700m se considerarmos as superfícies dos mares e oceanos somados (274 milhões de km²) (FUNASA, 2007, p.19).

Mas tal quantidade de água livre não corresponde à quantidade de água disponível ao uso humano; pois primeiramente, 97% desta é água salgada e em segundo lugar, apenas 0,3% dos 3% de água doce esta disponível ao uso, devido ao restante estar congelado nas geleiras. Destes 0,3% disponíveis a nível mundial para uso potável humano, faz-se necessária a avaliação dos padrões de qualidade que a mesma apresenta. Situação que se apresenta atrelada a fenômenos naturais precedidos de ações antrópicas de uso e ocupação do solo, entre outras. Em resumo, a água utilizável é um total de 98.400km³ sob a forma de rios e lagos e 4.050.800km³ sob a forma de águas subterrâneas, equivalentes a uma camada de 70,3cm, distribuída ao longo da face terrestre (136 milhões de km²) (FUNASA, 2007).

A água apresenta-se em diversas dimensões: a dimensão química, que são os gases, os sais, os sólidos, os íons e outros compostos presentes. A biológica, que são todas as formas de vida encontradas nela, como os zooplânctons e fitoplânctons. Além destas, ela apresenta também as dimensões cultural e do tempo (ciclos), onde se considera o tempo geológico e a história da humanidade, pois o tema encontra-se enraizado nas mais diversas tradições culturais e deriva nas mais distintas percepções sobre o seu valor (SEWELL, 1978).

A diversidade de fatores existentes para a classificação de uma água, como própria ou imprópria por contaminação, devido a atividades antrópicas na bacia de contribuição é muito mais ampla do que a existência de métodos para se trabalhar a melhoria de sua qualidade.

A discussão sobre a importância da qualidade das águas superficiais como recursos hídricos é destacada no Brasil, pela Política Nacional dos Recursos Hídricos, através da Lei 9.433 de 8 de Janeiro de 1997, onde descreve que todas as ações devem “assegurar à atual e às futuras gerações a necessária disponibilidade de água, em padrões de qualidade adequados aos respectivos usos” (BRASIL, 1997. Art.2). Através desta legislação assegura que devam existir ações direcionadas a sustentabilidade dos recursos hídricos, com ênfase nas diretrizes que dizem respeito à “gestão sistemática dos recursos hídricos, sem dissociação dos aspectos de quantidade e qualidade” e a “integração da gestão dos recursos hídricos, com a gestão ambiental” (BRASIL, 1997. Art.3).

Segundo Xavier (2005) são as características físico-químicas, microbiológicas e hidrológicas que caracterizam os corpos d’água; onde as primeiras

são determinadas por variáveis como pH, contagem de microrganismos entre outras. Já a classificação hidrológica diferencia-os em lênticos (águas mais movimentadas como nos rios correntosos) ou lóticos (velocidade pequena ou nenhuma da água). Entre estes dois tipos existem ainda um intermediário, que são os lagos artificiais com velocidade e tempo de residência da água variados.

Dentro deste contexto destaca-se a importância do ciclo hidrológico que faz a conexão entre os diversos corpos d'água ao estar em um processo contínuo, com diferentes estágios, que vão desde a precipitação até as águas salinas dos mares e oceanos (MEYBECK et al. 1992).

Este ciclo passa por distintas fases, indo desde a precipitação da água (que cai da atmosfera, líquida ou sólida), até a drenagem ou escoamento e que nada mais é senão o deslocamento das águas, de forma totalmente dependente da intensidade de chuva e da capacidade de infiltração dos solos, promovendo automaticamente um arraste de materiais do solo aos corpos d'água. Ocorre então o processo de infiltração, onde parte das águas é absorvida pelo solo e deriva nos lençóis freáticos, que posteriormente vão ser alimentadores dos corpos d'água superficiais e redutores do processo de escoamento superficial. Chega-se então a fase de evaporação da água, que passa de líquida para fase gasosa, onde os oceanos são os maiores responsáveis e finalmente a fase de transpiração que é a perda de vapor d'água pelas plantas (SPERLING, 1996; TUNDISI, 2003; PORTO et al. 1991).

2.1.1 Usos da água

A água pode ser utilizada de diversas maneiras, pois é uma substância indispensável para a vida e seus usos principais são para a sobrevivência das populações humanas e o equilíbrio dos ecossistemas. Destaca-se que a história da humanidade vem atrelada a necessidade de utilização e abastecimento de água e por muitas vezes o determinante na localização de comunidades. Quando o homem abandonou sua vida nômade e adotou a agricultura como forma de subsistência, o equacionamento de demanda de água tornou-se mais complexo e passou a envolver grandes quantidades de pessoas e não mais algumas famílias. Assim, a necessidade do uso da água se tornou crescente, em

quantidade e qualidade e exigiu mais segurança e aporte tecnológico, derivando em maior demanda conseqüentemente (HELLER E PADUA, 2006).

Os autores salientam ainda que fatores como o clima, a geologia e a pedologia têm influência direta neste processo numa bacia hidrográfica. O clima, por meio da distribuição das chuvas, temperaturas e ventos, influencia no processo de decomposição e transporte de elementos químicos de rochas e solos até os corpos d'água da bacia hidrográfica.

Heller e Pádua (2006) descrevem que as principais formas de uso da água podem ser divididas em dois grandes grupos que são os consultivos e os não consultivos. O primeiro caracteriza-se pelo uso onde ocorre significativa perda entre o que é captado no curso d'água e o que retorna a este curso como no abastecimento doméstico, industrial, irrigação, aquicultura, entre outros. E o uso não consultivo, onde não se verificam perdas, como no caso da geração de energia elétrica, navegação, recreação, pesca e outros.

Já Sewell (1978) cita que os usos da água podem ser divididos em 4 grandes grupos:

- O uso físico direto, pelo homem e animais domesticados;
- Uso direto pela indústria e agropecuária, como fator de produção;
- O uso psicológico como integrante do ambiente estético e cultural;
- O uso ecológico, como parte vital do sistema de sustentação da vida na terra.

Para todos estes usos raramente existe água na quantidade, qualidade e localização que os homens consideram ideais. Embora a legislação descreva que “a gestão dos recursos hídricos deve sempre proporcionar o uso múltiplo das águas” (BRASIL, 1997. Art.1º).

Então, ao se avaliar os usos múltiplos da água no Brasil, observa-se que, no item relacionado às hidroelétricas, o país se mantém atrelado à dependência de onde, quando e quanto chove para o funcionamento pleno e geração adequada de energia. Quanto à navegação, os principais rios navegáveis enfrentam a problemática da irregularidade ou insuficiência dos níveis mínimos de água, bem como a não inclusão de obras de transposição na construção de barragens, derivando em conflito entre a navegação e a geração de energia (GONDIM, 2009).

Observa-se que ao se considerar os usos múltiplos da água (irrigação, doméstico, pesca, pecuária, indústrias, etc.), bem como os vários usuários (população urbana, agricultores, pescadores, criadores, etc.) do recurso, a

problemática da delimitação de direitos e deveres é bastante complicada. Pois à medida que aumenta a demanda e a escassez de água, acirram-se os conflitos. Situação prevista em diversos conjuntos de normas e regras relacionadas a água (item 2.1.2), bem como para as diferentes agências governamentais, que seguem na elaboração de normativas relativas ao tema, mas não conseguem sua plena implantação (GONDIM, 2009).

2.1.2 Legislação sobre água

Quanto às normas e Leis que regem o uso e a qualidade dos recursos hídricos no Brasil, o Decreto 24.643 em 10 de Julho de 1934 (BRASIL, 1934), que aprovou o Código de Águas Brasileiro, foi o passo inicial, embora com foco principal na produção de energia elétrica, deriva em mudanças de conceitos pré-existentes quanto ao uso e propriedade da água. Logo após, com o crescimento econômico do País e suas mudanças socioeconômicas, estabeleceu-se a Política nacional de gestão da água.

Várias legislações derivaram do Código Brasileiro das águas, como por exemplo, o código de águas minerais (BRASIL, 1945), que classificou e disciplinou o uso das águas minerais; também a Constituição Federal de 1988, que permitiu aos Estados e à União criar seus sistemas de gestão; e a Política Nacional de Águas, através da Lei Nº 9.433/97 (BRASIL, 1997); bem como as Legislações Estaduais de gestão de águas e por fim a criação da ANA - Agência Nacional de águas.

Em 1981 entrou em vigor a Lei nº 6.938, de 31 de agosto, que estabeleceu a Política Nacional do Meio Ambiente (PNMA) e criou o Sistema Nacional do Meio Ambiente (SISNAMA). A partir disso, a avaliação de impactos ambientais tomou proporções federais e dentro da PNMA, criou-se o Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA).

A Política Nacional de Recursos Hídricos de 1997 teve como objetivo maior garantir que as futuras gerações dispusessem de recursos hídricos com padrões de qualidade adequados aos respectivos usos, através do uso de forma racional e tendo como unidade territorial de planejamento a bacia hidrográfica (BRASIL, 1997).

Atualmente as normas legais referentes à qualidade da água, vigentes na legislação brasileira, são as Resoluções CONAMA Nº 274/2000, que trata sobre condições de balneabilidade; a Resolução CONAMA Nº 357/2005 que substituiu a

Resolução CONAMA Nº 20/1986 sobre os lançamentos de efluentes e a Portaria Nº 518/2004, do Ministério da Saúde, que estabelece os procedimentos e responsabilidades relativos ao controle e vigilância da qualidade da água para consumo humano e seu padrão de potabilidade (IAP, 2012).

Com tais avanços, várias Leis precisaram sofrer alterações e adaptações como no caso da Resolução do Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA) nº 20 de 1986, de classificação dos corpos hídricos e estabelecimento das condições e padrões de lançamento de efluentes nos corpos hídricos, que foi substituída pela Resolução CONAMA nº 357/05 (BRASIL, 2005), mais focada aos usos e funções da água. Destacou também a inserção da água relacionada às preocupações do desenvolvimento sustentável, sua função ecológica e seu valor intrínseco, sem prejudicar o bem estar do homem e o equilíbrio ecológico, derivados de uma possível deterioração da qualidade destas águas (BRASIL, 2005).

A Resolução CONAMA nº 357/05 (BRASIL, 2005) classificou os corpos hídricos em “águas doces”, “salobras” e “salinas” e também suas classes de uso (usos múltiplos), padronizando sua qualidade. No caso das águas doces, estas foram divididas em cinco classes, relacionadas aos seus principais usos:

- Classe Especial – destinada ao abastecimento para consumo humano com desinfecção, preservação do equilíbrio natural das comunidades aquáticas, preservação do equilíbrio natural em unidades de conservação de proteção integral;
- Classe 1 – podem ser destinadas ao abastecimento para consumo humano após tratamento simplificado, proteção das comunidades aquáticas, à recreação, à irrigação de hortaliças consumidas cruas e à proteção de comunidades aquáticas em áreas indígenas;
- Classe 2 - podem ser destinadas ao abastecimento para consumo humano após tratamento convencional, proteção das comunidades aquáticas, à recreação, à irrigação de hortaliças, frutíferas, parques e jardins e a aquicultura ou atividade pesqueira;
- Classe 3 – podem ser destinada ao abastecimento para consumo humano após tratamento avançado, à irrigação culturas arbóreas, cerealíferas e forrageiras, à pesca amadora, à recreação de contato secundário e dessedentação de animais;
- Classe 4 - pode ser destinada à navegação e à harmonia paisagística (BRASIL, 2005. Art.4).

Os Estados, baseados na PNMA (1997), começaram a trabalhar na criação de suas legislações próprias, com seus padrões específicos, baseados em suas características exclusivas. No estado do Paraná, foi elaborada a Lei Estadual nº 12.726 de 26/11/99, que Institui a Política Estadual de Recursos Hídricos e em

13.10.2009 publicaram a Lei 16.242 que cria o Instituto das águas do Paraná. Em atenção a Resolução CONAMA Nº 20/1986, os enquadramentos dos corpos hídricos foram definidos por várias Portarias, emitidas entre 1989 e 1992, pela Superintendência dos Recursos Hídricos e Meio Ambiente-SUREHMA, posteriormente sucedida pelo Instituto Ambiental do Paraná- IAP e Superintendência de Desenvolvimento de Recursos Hídricos e Saneamento Ambiental – SUDERHSA.

2.1.3 Fontes poluidoras da água

Segundo a FUNASA (2007), a Organização Pan-Americana de Saúde descreve que os principais problemas encontrados no setor de abastecimento de água nas Américas são, entre outros, a crescente contaminação das águas, tanto superficiais como subterrâneas, devido à deficiência do sistema de esgoto, ausência de sistema de depuração de águas residuárias e inadequado tratamento dos resíduos sólidos. Situações que repercutem no sistema de abastecimento de água e interferem na saúde da população.

Sabe-se que o saneamento básico é algo fundamental para um bom desenvolvimento de uma população e é entendido como um conjunto de ações que envolvem abastecimento de água, esgotamento sanitário, limpeza pública, drenagem pluvial e controle de vetores. A FUNASA descreve saneamento ambiental como:

[...] um conjunto de ações socioeconômicas que tem por objetivo alcançar níveis de salubridade ambiental por meio do abastecimento de água potável, coleta e disposição sanitária de resíduos sólidos, líquidos e gasosos, promovendo ainda a disciplina sanitária de uso do solo, drenagem urbana, controle de doenças transmissíveis e demais serviços e obras especializadas, com a finalidade de proteger e melhorar as condições de vida urbana e rural (FUNASA, 2007. p.14).

Nesse contexto trabalha-se a problemática da qualidade dos corpos hídricos e suas fontes de poluição, visto que se ele se apresenta fora do padrão legal designado para um determinado uso, pode-se afirmar que sua água está poluída. Mas tal afirmação só é possível após a realização de um estudo para identificar as fontes causadoras desta poluição e quais as formas possíveis para recuperação desta qualidade esperada.

Segundo Tucci (2005), o desenvolvimento urbano tem produzido um ciclo de contaminação, gerado pelos efluentes da população urbana, que são o esgoto doméstico/industrial e os esgotos pluviais, agregados ao uso e ocupação do solo. Assim, observa-se que a água das chuvas é naturalmente ácida e pode ter sua acidez potencializada se, além dos elementos naturais existentes na atmosfera (ex. CO_2), também existirem poluentes derivados do processo de industrialização, por exemplo.

Os rios sofrem contaminação de diferentes despejos de dejetos e desta forma, quando a água do rio contaminado evapora e se transforma em chuva, potencializa a acidez já existente, devido aos compostos já presentes na água e derivados de outras fontes poluidoras como o ar, a poeira entre outros. Esta chuva ácida contamina os solos e as águas superficiais e subterrâneas, e deriva em uma fonte permanente de contaminação (Figura 1).

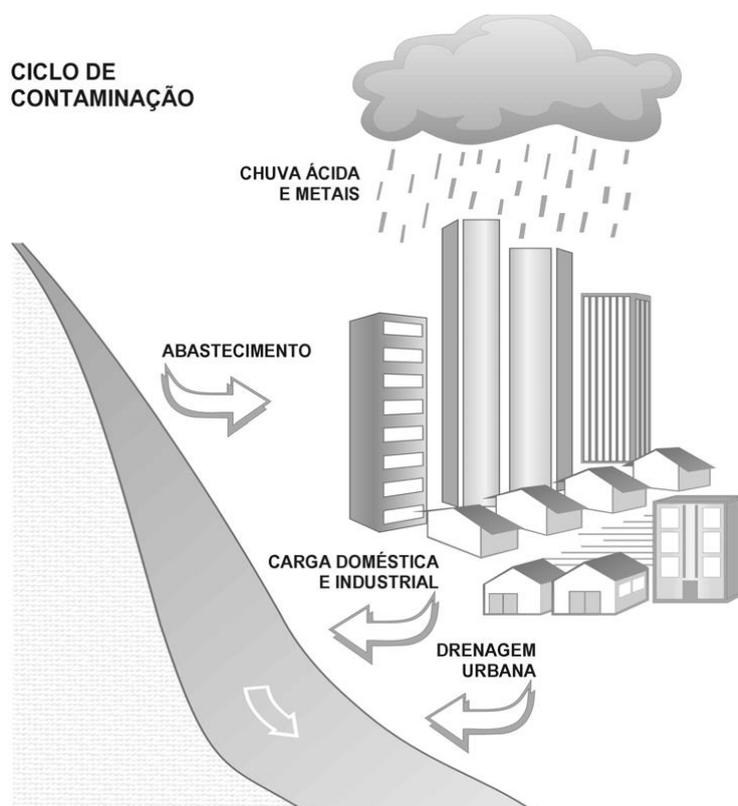


FIGURA 1 - Ciclo da contaminação urbana de cursos d'água.

Fonte: TUCCI, 2005

Entende-se por poluição das águas a adição de substâncias ou de formas de energia que, direta ou indiretamente, alterem a natureza do corpo d'água e prejudique os legítimos usos que dele são feitos (SPERLING, 1996.p.46).

As formas de poluição da água são várias, de origem natural ou como resultado das atividades humanas. Existem essencialmente três situações de poluição, onde cada uma delas é característica do estágio de desenvolvimento social e industrial de uma população ou local. A primeira é a poluição patogênica, com poucas exigências de qualidade da água e onde comumente ocorrem doenças de veiculação hídrica. O segundo é a poluição total, característica do desenvolvimento industrial, por conter altos índices de sólidos totais e grande consumo de oxigênio dissolvido. O terceiro e último estágio é o de poluição química, onde o consumo de água aumenta em função do aumento da população e da produção industrial (FUNASA, 2007).

Uma fonte poluidora pode conter diversos tipos de poluentes (Quadro 1), de origens naturais ou resultantes da ação antrópica, que vão desde elementos traços (metais pesados) a elementos não traços (não metálicos); elementos orgânicos e inorgânicos, pesticidas, materiais carcinogênicos, elementos que dão cor, odor e sabor a água, entre outros (LEZI et al., 2009).

Origem e tipos de poluição	Agentes poluentes
1. Poluição natural	Gases e chuvas com compostos naturais (como os gases provenientes de animais em putrefação); salinização; decomposição vegetal e animal; forças eólicas; vulcões...
2. Poluição antrópica	
2.1 Industrial	Papel e celulose; refinaria de petróleo; usinas de açúcar e álcool; siderúrgicas e metalúrgicas; farmacêuticas e alimentícias; abatedouros e frigoríficos; têxteis, curtumes, etc.
2.2 Urbana	Esgoto doméstico; esgoto hospitalar; lixo; saneamento (uso de praguicidas); escapamento de motores a explosão; escapamento de postos de combustíveis, etc.
2.3 Agropastoril	Defensivos agrícolas; fertilizantes; excremento de animais; erosão, etc.
2.4 Nuclear	Usinas de enriquecimento de núclídeos radioativos; usinas nucleares; artefatos nucleares.

QUADRO 1- Fontes e poluição e contaminação de mananciais naturais

Fonte: LEZI et al., 2009. p.414

Xavier (2005) descreve que os possíveis poluentes podem ser transportados até os corpos hídricos de diversas formas que vão desde a descarga direta, o

escoamento superficial, a contaminação da água subterrânea ou através da deposição atmosférica. O que leva a uma subdivisão das formas de contaminação em fontes pontuais ou fontes difusas, regidas por mecanismos diferentes, mas que resultam em distintos impactos no corpo d'água receptor.

A fonte pontual é aquela onde a carga de poluente atinge o corpo d'água de forma concentrada, como o ocorrido nas descargas de efluentes de estações de tratamento de esgotos ou na entrada de poluentes derivados de tributários (MACHADO, 2006).

A fonte difusa é a de difícil identificação da sua origem, pois está associada a episódios de chuvas, onde os poluentes atingem o corpo d'água, distribuídos ao longo de sua extensão e não concentrados em um único local. Esta associada às formas de uso do solo na região, bem como as características hidrológicas da bacia, já que geralmente resulta do transporte até os corpos d'água receptores através do escoamento da água, seguindo a drenagem da bacia (MACHADO, 2006). As fontes pontuais são geralmente mais importantes no suprimento de fósforo, enquanto que as fontes difusas são responsáveis pelo aporte de nitrogênio.

As principais características para se distinguir as fontes de poluição pontuais de fontes difusas são (Quadro 2):

Fontes Pontuais	Fontes Difusas
- Vazão bastante estável;	-Vazões altamente variáveis que acontecem em intervalos intermitentes ao acaso;
- Variabilidade menor que uma ordem de magnitude,	-Variabilidade de várias ordens de magnitude,
- A maioria dos impactos severos ocorre durante condições de baixa vazão,	-A maioria dos impactos severos acontece durante ou após eventos de chuvas,
- Concentrações bastante previsíveis.	-Concentrações imprevisíveis e variadas.
-Decorrem de redes de efluentes domésticos e industriais, derramamentos acidentais, atividades de mineração, enchentes, dentre outras.	-Decorrem de práticas agrícolas, residências dispersas, deposições atmosféricas, trabalhos de construção, enxurradas em solos, etc.

QUADRO 2 - Diferenças entre fontes pontuais e fontes difusas de poluição de um corpo hídrico.

Fonte: MACHADO, 2006

Sewell (1978) cita que a poluição da água significa que um ou mais de seus usos foram prejudicados; e que a palavra “poluição” se refere a uma ou mais de seis condições comuns:

- Perda de oxigênio dissolvido: todas as formas de vida, tanto animal, quanto vegetal, sem oxigênio morrem. Na água ele também permite a ação das bactérias aeróbicas ao reduzir a matéria orgânica em decomposição.
- Contaminação patogênica: exacerbado número de bactérias, protozoários, vermes, vírus, fungos e outros.
- Presença de nutrientes, como nitratos e fósforos, que derivam em estado de eutrofia.
- Produtos químicos nocivos ou calor;
- Turbidez ou turvamento devido o aumento de sólidos em suspensão;
- Insultos estéticos: a água deixa de ser atrativa devido ao lixo visível, odores nocivos, sabor desagradável.

2.2 HIDROLOGIA DA BACIA HIDROGRÁFICA

A bacia hidrográfica é uma área fisiográfica drenada por um ou mais cursos de água, que convergem para um leito ou espelho de água. Ela é separada de outra por uma linha divisória, o divisor de águas; local que direciona a chuva que cai ao curso de água principal (Figura 2). Podem ser classificadas em: Microbacias; Minibacias; Sub-bacias e pequenas bacias. Sua caracterização se dá de forma fisiográfica (solo, clima, localização, vegetação) e socioeconômica (CARVALHO e SILVA, 2006).

Carvalho e Silva (2006) destacam ainda que a bacia Hidrográfica é, portanto, uma área de drenagem de um curso d'água ou um sistema conectado de cursos d'água, onde a vazão efluente é descarregada em uma simples saída. Sua resposta hidrológica é transformar o volume que entrou (precipitação) em uma saída (escoamento) distribuída num determinado tempo.

O conhecimento do sistema de drenagem de uma bacia hidrográfica é bastante importante ao se realizar um estudo na área. Uma das maneiras utilizadas é classificar os cursos d'água pela constância do escoamento, que pode ser classificada em perenes, que contem água durante todo tempo; intermitentes, onde

geralmente secam na estiagem e escoam durante as chuvas; e os efêmeros, só transportam o escoamento superficial das precipitações (CARVALHO e SILVA, 2006).

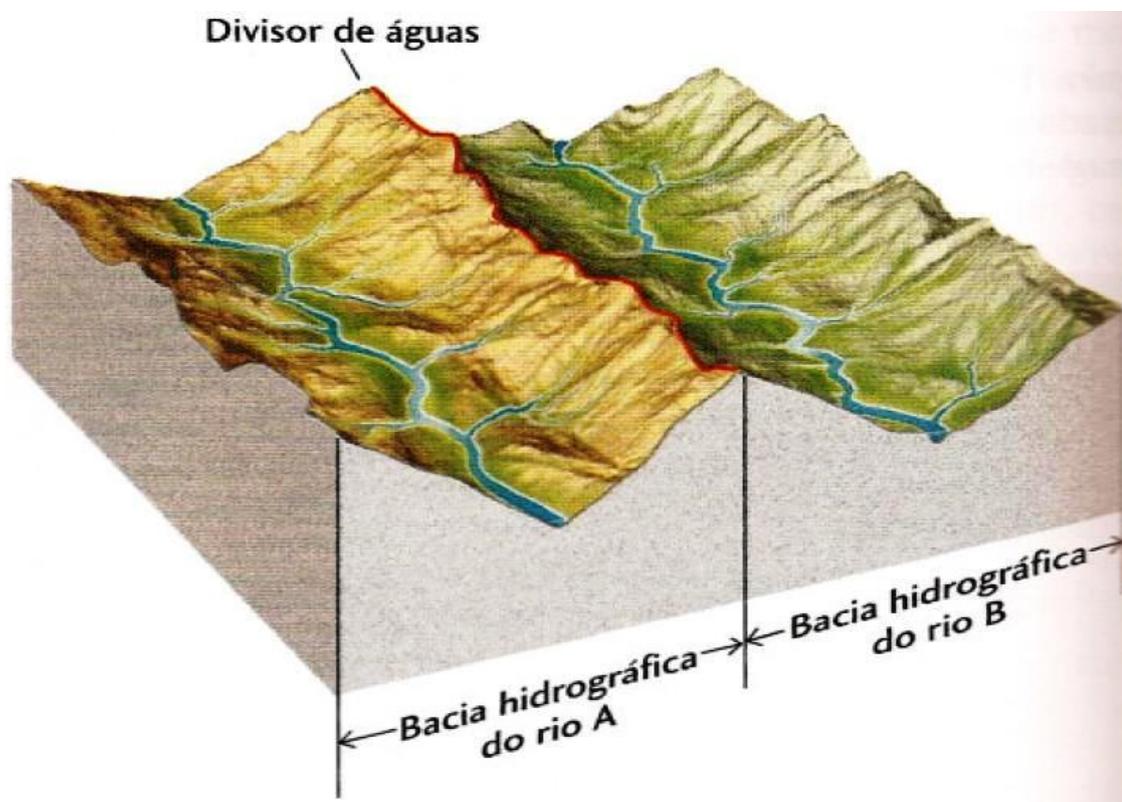


FIGURA 2 - Divisor de águas e configuração de bacias hidrográficas.

Fonte: baseado em Carvalho e Silva, 2006.

A bacia hidrográfica apresenta características bastante específicas, como no caso dos aspectos físicos, onde cada bacia tem sua singularidade (Figura 3). Destaca-se a área de drenagem, representada pelo espaço entre os divisores topográficos; a forma da bacia, bastante difícil de ser expressa em termos quantitativos; o sistema de drenagem, derivado do rio principal e seus tributários; o relevo local, que entre outros fatores determina a velocidade de escoamento superficial; a geologia, que determina o grau de infiltração, armazenamento da água no solo e com a suscetibilidade de erosão dos solos. Assim como as características agroclimáticas, retratadas principalmente pelo tipo de precipitação e pela cobertura vegetal (CARVALHO e SILVA, 2006).

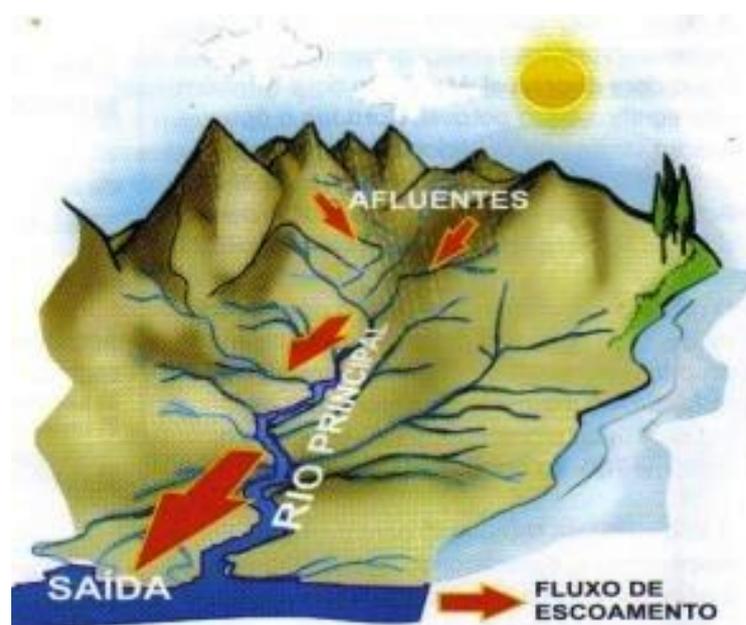


FIGURA 3- Exemplo de bacia hidrográfica

Fonte: baseado em Tucci, 2012

A evaporação das águas consome em torno de 36% de toda energia solar que atua sobre a terra. A água evaporada fica em média 10 dias na atmosfera, sendo que na superfície da terra o fluxo precipitação/evaporação é positivo e apenas nos oceanos torna-se negativo, pois a evaporação é maior que a precipitação (TUCCI, 2012).

Tucci (2000) destaca que os recursos hídricos são limitados e têm um papel significativo no desenvolvimento econômico e social. O alto crescimento populacional, aliado ao desenvolvimento econômico desse século, derivou em uma exploração predatória dos recursos naturais em geral e dos hídricos em específico. Quanto aos recursos hídricos brasileiros, eles são divididos, segundo o ministério do meio ambiente, em oito as grandes bacias hidrográficas: a do rio Amazonas, a do rio Tocantins, as do Atlântico Sul, trechos Norte e Nordeste, a do rio São Francisco, as do Atlântico Sul, trecho Leste, a do rio Paraná, a do rio Paraguai, e as do Atlântico Sul, trecho Sudeste.

O autor descreve ainda, que na questão de gestão dos recursos hídricos, eles vêm a ser bens de relevante valor na promoção do bem estar de uma sociedade e devido a isso se tornam alvos de conflitos (TUCCI, 2005). Situação amenizada pela Constituição Federal, que veio atribuir à União e aos Estados a propriedade legal dos recursos hídricos existentes:

São bens da União (águas federais) os lagos, rios e quaisquer correntes em terrenos de seu domínio ou que banhem mais de um Estado da federação, sirvam de limite com outros países, ou se estendam a território estrangeiro ou dele provenham, bem como os terrenos marginais e as praias fluviais. São bens dos Estados as águas superficiais ou subterrâneas, fluentes, emergentes ou em depósito encontradas em seu território. A responsabilidade pela gestão depende, então, do tipo de domínio da água (BRASIL, 1998 Art.20).

Com o elevado desenvolvimento econômico do Brasil nas últimas décadas, intensificou-se os usos dos recursos hídricos, tanto na quantidade, quanto na variedade de usos. Tais formas de uso podem ser subdivididas em três grupos principais de utilização que são os meios consuntivos (abastecimento, indústria, agropecuária, ...), os quais retiram a água de sua fonte natural; os não consuntivos, que depois de usar a água, devolvem-na a sua fonte (hidroelétricas, navegação,...); e os locais que usam a água na sua fonte sem modificações relevantes (TUCCI, 1995).

Os princípios básicos orientadores para uma adequada gestão dos recursos hídricos vão desde a avaliação dos benefícios resultantes da sua utilização para uma coletividade e perpassa pelo importante reconhecimento da bacia hidrográfica como a unidade básica desta gestão. Adentra a questão da capacidade de depuração dos cursos d'água e discute além das águas superficiais, as subterrâneas e as marinho-costeiras, onde a estreita ligação entre a quantidade e a qualidade das águas processa-se dentro de um território em âmbito regional, nacional e internacional e o uso dos recursos hídricos está sujeito à autorização do Estado, comprometendo a população a uma adequada política de gestão das águas (TUCCI, 1995).

Xavier (2005) destaca que os rios são os recursos de água doce com maior importância para o homem e fator determinante no desenvolvimento social, econômico e político. Cita ainda que os sistemas fluviais são sistemas complexos de água corrente, que drenam áreas específicas às quais são denominadas bacias hidrográficas. Diferentes dos lagos, que podem ser definidos como corpos de água fechados (geralmente de água doce) delimitados por margens de terra (THOMAS et al., 1992; MEYBECK et al., 1992).

Um conceito simples de bacia hidrográfica é descrito por Musetti (1999), que destaca que ela é um conjunto entre águas superficiais e águas de drenagens subterrâneas – lençol freático, em uma determinada área de terra, limitada pela

topografia, pela declividade e pelos divisores de água. Neste espaço desenvolvem-se comumente atividades de uso e ocupação do solo, assim como, sofrem a ação de agentes físicos, ambientais e jurídicos. Entendida como a unidade ecossistêmica e morfológica de análise dos problemas ambientais, uma unidade básica de planejamento, em que existe a necessidade de se estudarem as intervenções desenvolvidas em sua área, principalmente com relação ao recurso natural água, de forma holística.

Para Cristofolletti (1980), a bacia hidrográfica é entendida como uma área drenada por um determinado rio ou por um sistema fluvial, que funciona como um sistema aberto, onde os elementos presentes, como matérias e energias, tem cada um sua função própria e independente, embora estruturalmente estejam relacionados entre si e separados de outra bacia em função das partes mais elevadas do relevo.

Sob este ponto de vista, deve-se então abordar, todos os elementos que compõem a bacia hidrográfica e compreendê-la na sua totalidade, por meio de um sistema dinâmico que inter-relaciona os elementos naturais e sociais, materializado pelas atividades desenvolvidas nesse meio, conduzindo então para modificações na qualidade das águas (BRAGA & CARVALHO, 2003).

Tucci (1995) descreve a bacia hidrográfica como uma área de captação de água que converge os escoamentos para o exutório¹, composta por um conjunto de superfícies vertentes e de uma rede de drenagem formada pelos cursos d'água que confluem até um único leito.

Numa avaliação de qualidade das águas de uma bacia hidrográfica, salienta-se a importância de se avaliar as águas superficiais e subsuperficiais, que são bons indicadores de tendências e condições atuais. Jolly et al.(1996) citam que um componente importante na avaliação dessa qualidade é a variação do volume temporalmente e espacialmente, cujas concentrações de sais, sedimentos, nutrientes e outros indicadores são dependentes da variação da vazão, onde o aporte deste componente altera a qualidade natural das águas e é considerado como impurezas.

A unidade que se forma, na figura da bacia hidrográfica, tem sempre como referência uma área de captação da água, seja ela uma região drenada por um

¹ Ponto de um curso d'água onde se dá todo o escoamento superficial gerado no interior uma [bacia hidrográfica](#) banhada por este curso.

curso d'água, uma área drenada por um determinado rio ou ainda um conjunto de terras drenadas.

2.3 MONITORAMENTO DA QUALIDADE DA AGUA

Supervisionar, constatar, observar e controlar, são sinônimos para a palavra monitoramento, que tem por foco obter informações a respeito de algo e ao se falar em qualidade da água, as informações que são necessárias derivam de características físicas, químicas e biológicas através de amostragem estatística em função dos objetivos propostos. No caso de águas superficiais de rios, a avaliação se dá desde a verificação da conformidade em relação aos padrões estabelecidos em legislação até na determinação das tendências temporais da qualidade da água (CHAPMAN, 1996).

Para a realização de um correto monitoramento, inicialmente deve-se ter o conhecimento das principais causas da deterioração dos recursos hídricos do planeta, que derivam de situações como o crescimento populacional e a rápida urbanização; a diversificação dos usos múltiplos; o gerenciamento não coordenado dos recursos hídricos disponíveis; o não reconhecimento de que a saúde humana e a qualidade da água são interativas; o peso excessivo das políticas governamentais nos “serviços de água” (fornecimento de água e tratamento de esgotos); a degradação do solo por pressão da população que aumentam a erosão e a sedimentação de rios, lagos e reservatórios e o fato de a água ser tratada exclusivamente como um bem social e não econômico, resultando em uso ineficiente, e de problemas sociais, ambientais e econômicos referentes aos recursos hídricos serem tratados separadamente e de forma pouco eficiente (TUNDISI, 2003).

A qualidade dos corpos d'água sofre influência das descargas de águas residuárias, de origem doméstica e industrial, onde Sperling (1996) descreve que a ocupação do solo na bacia hidrográfica é um dos principais fatores que afeta esta qualidade e por este motivo vem a ser um indicativo da situação ambiental da bacia.

Mas já na década de 1970 os problemas relacionados ao processo de eutrofização dos rios começaram a ser estudados. Observaram então que os nutrientes, principalmente fósforo e nitrogênio, poderiam estimular o crescimento de

fitoplânctons na água de forma exagerada. Assim direcionaram aos trabalhos futuros a tarefa de pesquisarem as taxas de tais nutrientes como foco de determinação do nível de eutrofização das águas (MACHADO, 2006).

Na mesma época começaram a serem propostos os índices de qualidade da água (IQA) compostos por um conjunto de dados semelhantes de variáveis físico-químicas e biológicas, que diferiam basicamente na forma estatística de integrar e interpretar as variáveis do conjunto de dados obtidos. Uma das técnicas mais difundidas foi a utilizada pela *National Sanitation Foudation Institution* (OLIVEIRA, 1993), seguida de outros índices baseados nas mais diversas características e variáveis.

O nível de salubridade ou potabilidade de uma água é descrito através de determinantes como os índices de qualidade da água, objetivando principalmente a determinação do potencial de disfunção que ocorre em certo ecossistema e que propicia melhor avaliação das fontes de contaminação e de tomadas de decisões quanto ao manejo mais eficaz e/ou apropriado (MACHADO, 2006).

Pelaez-Rodrigues et al. (2002), descreve em seu trabalho um resumo bastante interessante das principais variáveis utilizadas nos diferentes índices de qualidade de água (Quadro 3).

Mas com a modernidade, juntamente aos novos e diversos usos da água, surgiram índices determinantes para sua qualidade, mas sempre tendo por base suas formas de uso: água de uso geral, de uso específico e para planejamento ambiental (DERISIO, 1992).

A *National Sanitation Foundation* (NSF), através de estudos de índices de qualidade das águas, com base em estudos já propostos por outros pesquisadores (em torno de 142 especialistas), selecionou 35 parâmetros indicadores de qualidade das águas, dos quais ficaram somente 9 para compor o IQA-NSF: oxigênio dissolvido (OD), demanda bioquímica de oxigênio (DBO), temperatura, potencial hidrogênionico (pH), nitrogênio, fósforo total, sólidos totais, turbidez e coliformes termotolerantes. Tendo nos determinantes a classificação para utilização da mesma no abastecimento público. Estes índices apresentam, na metodologia proposta, valor médio preestabelecido em curva padrão e com peso relativo correspondente (MATOS, 2004; PNMA, 2011).

Índice/autores	Variáveis utilizadas e suas características
Índice de Wrigth e Tidd	Utiliza a densidade de Oligochaeta para determinar o grau de poluição.
Índice de Horton (1965)	pH, Oxigênio dissolvido, condutividade elétrica, coliformes, cloreto, alcalinidade, substancias extraídas com clorofórmio.
Índice de Tuffery e Verneaux (1968)	A aplicação deste índice dispensa a identificação de insetos em nível e espécies. São consideradas unidades taxonômicas (UTO'S); o grau de sensibilidade de ordens de famílias e o numero total de unidades sistemáticas presentes nas amostras.
Índice de Brown (1970)	pH, oxigênio dissolvido, coliformes fecais, DBO5, nitrato, fosfato, temperatura, turbidez e sólidos totais.
Índice de Cairns e Dickson (1971)	Não requer a identificação de espécies. É baseado na sequencia em que se sucedem organismos de aspecto semelhante ou não.
Índice de Prati et al. (1971)	pH, oxigênio dissolvido, carbono orgânico dissolvido, sólidos em suspensão, amônia, nitrato, cloreto, ferro, manganês e surfactantes.
Índice de Ross (1977)	Oxigênio dissolvido, DBO5, N-amoniacal, sólidos em suspensão.
Índice de Hilsenhoff (1977)	A aplicação deste índice dispensa a identificação de insetos em nível de espécie. O índice é obtido por meio de abundância relativa e análise de tolerância de cada grupo ("escore").
Índice de Bolton et al. (1978)	pH, oxigênio dissolvido, N-amoniacal, N-total, coliformes, sólidos em suspensão, fosfato, temperatura, condutividade elétrica.
BMWP - Armitage et al.(1983)	Este índice trabalha em nível taxonômico de família, as quais são atribuídas valores de tolerância.
Índice de House e Ellis (1987)	pH, oxigênio dissolvido, DBO5, N-amoniacal, nitrato, coliformes, sólidos em suspensão, metais, temperatura, cloreto, hidrocarboneto, pesticidas, fenóis, cianetos.
Índice de Smith (1989)	pH, oxigênio dissolvido, coliformes, DBO5, temperatura, turbidez, amônia.
Índice de Tyson e House (1990)	pH, oxigênio dissolvido, DBO5, amônia, nitrato, sólidos em suspensão, cloretos.
Índice de Smith (1990)	pH, oxigênio dissolvido, coliformes, DBO5, resíduo total, sólidos em suspensão, temperatura, turbidez.
IQA –CETESB (1993)-	pH, oxigênio dissolvido, coliformes, DBO5, resíduo total, temperatura, turbidez, N-total, P-total.
IVA –CETESB (Zagatto et al.,1999)	pH, oxigênio dissolvido, teste de toxicidade, metais, fenóis, surfactantes, fósforo, clorofila-a.

QUADRO 3- Variáveis utilizadas nos diferentes índices de qualidade da água

Fonte: Pelaez-Rodrigues et al.(2002).

No estado do Paraná, inicialmente a qualidade das águas superficiais era representada pelo índice de qualidade de água (IQA), que leva em consideração os seguintes parâmetros: pH, OD, Escherichia coli, DBO₅, nitrogênio total, fósforo total, turbidez e temperatura da água. Atualmente, a Companhia de Saneamento do Estado do Paraná (SANEPAR), adota o índice de qualidade da água produzida (IQAP) e o índice geral de qualidade de água distribuída (IGQA), desenvolvido pela companhia de saneamento básico do Estado de São Paulo (SABESP). Esses índices procuram atender as exigências da caracterização da água produzida em

conformidade com a legislação vigente, além dos aspectos qualitativo e quantitativo do monitoramento dessa água (MARQUES et al. 2007).

Segundo a Agência Nacional de águas (ANA, 2005), o IQA, criado em 1970 pela NSF, foi amplamente utilizado pela CETESB nos seus trabalhos de avaliação da qualidade das águas, até que a mesma criou uma metodologia própria de avaliação. Em nível de Brasil, tal índice ainda é o mais utilizado para avaliação da qualidade das águas.

Com relação aos parâmetros e à fórmula de cálculo do IQA, também existem diferenças entre as unidades da Federação. No Rio Grande do Sul foi retirado o parâmetro temperatura do cálculo do IQA. Alguns estados (ex.: Amapá, Minas Gerais e Mato Grosso) utilizam os parâmetros fosfato total e nitrato total. Outros estados (ex.: Bahia, Mato Grosso do Sul, Rio Grande do Sul) utilizam o fosfato total e o nitrogênio total, e os Estados de São Paulo e Paraná utilizam o fósforo total e o nitrogênio total. Apesar dessas diferenças, foi considerado que os valores do IQA não sofrem uma influência significativa das formas de nitrogênio e fósforo que pudesse impedir uma comparação (ANA, 2005).

O levantamento de dados quantitativos relativos às características físico-químicas e microbiológicas de determinado curso d'água, refere-se a uma forma clara e explícita de monitoramento da qualidade desta água. Tais dados, depois de levantados através dos resultados das análises das variáveis, derivam em dados estatísticos, que podem servir para confronto entre as bases legais para tais itens, como também na fixação de parâmetros temporais locais de tal água.

Para Harmancioglu et al. (1998), todas as atividades desenvolvidas no monitoramento da qualidade da água, tem como objetivo obter informações sobre as propriedades físicas, químicas e biológicas da água, bem como o processamento dos dados e a consequente análise e interpretação desses dados.

Observa-se que as águas do rio Marrecas não sofreram grandes alterações em sua qualidade nos anos avaliados (Figura 4) e ainda encontram-se dentro de uma qualificação razoável, dados obtidos no site do Instituto das Águas do Paraná, que descreve informações sobre a qualidade da água nos mananciais de abastecimento público contemplados pelo ICMS Ecológico. As águas por esta qualificação são ruins quando com notas de 0 a 40, e ótimas de 81 a 100 (ÁGUAS PARANA, 2010).

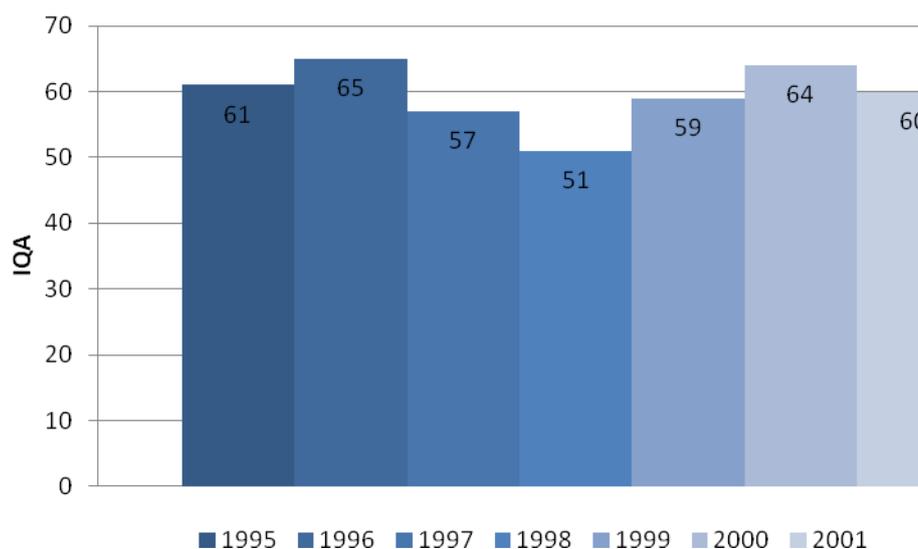


FIGURA 4- Índice de qualidade das águas (IQA) do Rio Marrecas de 1995 a 2001.

Fonte: Instituto de águas do Paraná, 2010.

Observa-se a importância de se realizar uma análise de risco de tal rio, visto o grande crescimento sócio econômico ocorrido na última década, onde a taxa populacional do município passou de aproximadamente 67.132 habitantes no ano de 2001, para quase 80.000 habitantes no ano de 2010, onde aproximadamente 68.000 residem na área urbana (IBGE, 2010a).

2.3.1 Índice de qualidade da água da Agência Nacional de Águas (ANA)

Índices são números resultantes da síntese de vários parâmetros, e o índice de qualidade da água (IQA) é um indicativo da qualidade relativa da água em um ponto geográfico ou ao longo de um período de tempo. Tem como vantagem agregar em um só valor a média das variáveis e facilitar a compreensão do público não técnico. Mas como desvantagem apresenta a perda de informações derivadas das análises das variáveis individuais (FAUZINO, 2008).

O IQA foi criado por especialistas em qualidade de águas, que instituíram uma metodologia com objetivo principal de demonstrar o índice de poluição causada pelo lançamento de esgotos domésticos e cargas orgânicas de origem industrial, com foco ao abastecimento. Indicaram os parâmetros a serem avaliados, e deram um peso relativo a cada um dos mesmos (Tabela 1).

Tabela 1- Índice de Qualidade das águas pela ANA

Parâmetro	Unidade	Peso (w)
Oxigênio Dissolvido	% saturação	0,17
Coliformes Fecais	NMP/100ml	0,15
pH	pH	0,12
DBO ₅	mg O ₂ /L	0,10
Nitrogênio Total	mg N/L	0,10
Fósforo Total	mg P/L	0,10
Turbidez	uT	0,08
Sólidos Totais	mg/L	0,08
Temperatura de Desvio	°C	0,10
Σ		1

Fonte: ANA, 2005

De acordo com Derísio (1992), em 1970 os pesquisadores Brown, McClelland, Deininger e Tozer desenvolveram e apresentaram um índice de qualidade de água. O desenvolvimento deste índice foi financiado pela *National Sanitation Foundation*. Este índice, chamado então de IQA_{NSF}, foi obtido a partir de um procedimento formal que combinou as opiniões de um grande painel composto por 142 especialistas, baseados na técnica de *Delphi da Rand Corporation*. Onde finalmente os especialistas reunidos chegaram a um consenso e a pesquisa finalizou com a indicação de 35 variáveis que deveriam compor o cálculo.

Dos 35 parâmetros indicadores de qualidade de água inicialmente propostos, somente 9 foram selecionados. Para estes, foram estabelecidas curvas de variação da qualidade das águas de acordo com o estado ou a condição de cada parâmetro (Figura 5).

Estas curvas de variação, sintetizadas em um conjunto de curvas médias para cada parâmetro, bem como seu peso relativo correspondente (FAUZINO, 2008).

O IQA é calculado pelo produto ponderado das notas atribuídas a cada parâmetro de qualidade de água:

- 1) temperatura da amostra,
- 2) pH,
- 3) oxigênio dissolvido,
- 4) demanda bioquímica de oxigênio (5 dias, 20°C),
- 5) coliformes fecais,
- 6) nitrogênio total,
- 7) fosfato total,

- 8) sólidos totais e
9) turbidez.

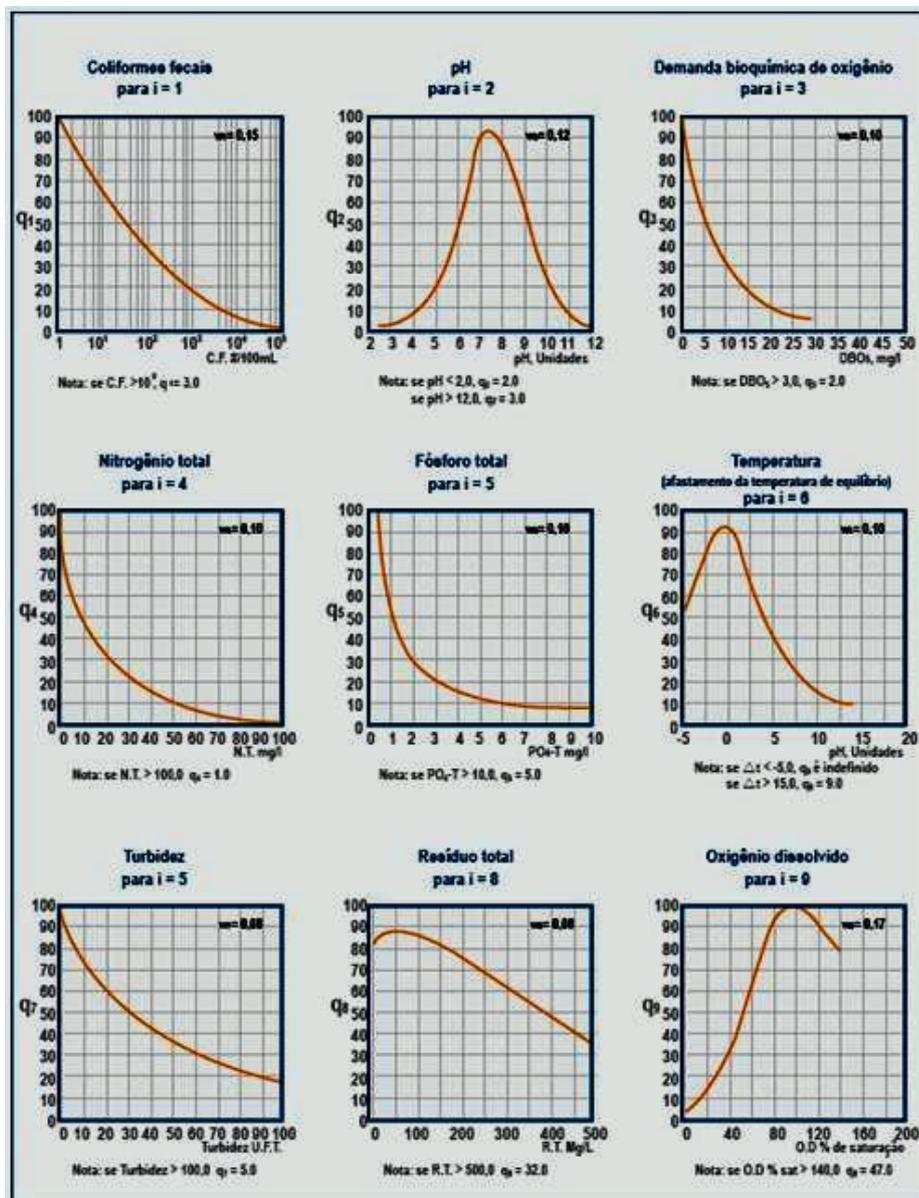


FIGURA 5- Curvas médias de valores de variação da qualidade da água, utilizadas no cálculo do índice de qualidade da água.

Fonte: ANA, 2005

A primeira equação utilizada é uma das duas opções abaixo:

$$IQA_A: \sum_{i=1}^9 q_i \times w_i$$

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

Onde:

IQA_A = índice de qualidade da água somatório, representado por um número em escala contínua de 0 a 100.

IQA_B = índice de qualidade da água produtivo, representado por um número em escala contínua de 0 a 100 (utilizado pelo programa IQADData).

q_i = qualidade individual (subíndice de qualidade) do i ésimo parâmetro, um valor entre 0 e 100, obtido nos gráficos de referencia.

w_i = peso unitário do i ésimo parâmetro (pré-estabelecido – tabela 1).

A segunda equação é para ser usada no determinante ao número de variáveis utilizadas:

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

Onde:

$n = 9$ (número de variáveis usadas)

Nesta metodologia, os resultados do IQA podem ser interpretados como a água ser de ótima qualidade até imprópria ao consumo humano (Tabela 2):

Tabela 2- Resultados para o IQA

Índice (IQA)	Qualidade
80 – 100	Ótima
52 – 79	Boa
37 – 51	Aceitável
20 – 36	Imprópria p/ tratamento convencional
0 - 19	Imprópria p/ consumo humano

Fonte: ANA, 2005

2.3.1.1 Indicadores físico-químicos

a) Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO_{5/20})

A DBO₅²⁰ (cinco dias a 20°C) de uma água é a quantidade de oxigênio necessária para oxidar a matéria orgânica, por decomposição microbiana aeróbia, para uma forma inorgânica estável. Normalmente é considerada como a quantidade de oxigênio consumido durante um determinado período de tempo. As maiores taxas de DBO num corpo de água, são provocados por despejos de origem predominantemente orgânica. A presença de um alto teor de matéria orgânica pode induzir ao completo esgotamento do oxigênio na água e provocar o desaparecimento de peixes e outras formas de vida aquática (BRANCO, 1986).

Sezerino (2011) descreve que num corpo d'água coexistem bactérias e matéria orgânica de todas as naturezas. Uma bactéria se alimenta de matéria orgânica, isto é, seu alimento se baseia em substâncias que contêm carbono e hidrogênio. A digestão completa dessa matéria orgânica se faz no organismo da bactéria, através de uma reação bioquímica que utiliza oxigênio.

Quando é fornecida como alimento a uma bactéria uma quantidade de matéria orgânica, ela precisa de uma determinada quantidade de oxigênio, para que seu organismo transforme esta matéria em outra substância (no caso, mineralize-a) (SEZERINO, 2011).

A DBO pode servir também de parâmetro comparativo do tipo e/ou qualidade dos poluentes de uma amostra (Tabela 3), onde se pode especificar se o poluente é mais ou menos biodegradável e avaliar sua correlação com outras variáveis:

Tabela 3 - Valores normais da relação entre as variáveis de determinação de qualidade da água

Relação	Valor da relação para esgotos de origem doméstica
DBO/DQO	0,6 a 0,8
DBO/N Total K.	17:1
DBO/P total	90:1

Fonte: MACHADO, 2006

Um rio ou um lago é sempre rico em matéria orgânica (alimento) e bactérias. Para que as bactérias sobrevivam e se multipliquem é necessário haver alimento (matéria orgânica) e oxigênio. Se houver muitos alimentos, as bactérias se

multiplicarão em demasia e disputarão entre si todo o oxigênio disponível; dessa forma, o oxigênio tende a acabar e as bactérias a morrerem, transformando-se em mais alimento disponível (afinal elas são matérias orgânicas também).

Acabado o oxigênio, as águas do rio ou do lago serão incapazes de sustentar a vida aeróbia, isto é, a vida de todos os organismos que habitam as águas e necessitam oxigênio para viver (SEZERINO, 2011).

b) Nitrogênio total

São diversas as fontes de nitrogênio nas águas naturais e os esgotos sanitários constituem em geral a principal, pois lançam nas águas nitrogênio orgânico, por causa da presença de proteínas e nitrogênio amoniacal, em razão da hidrólise sofrida pela uréia na água (ANA, 2005).

Alguns efluentes industriais também concorrem para as descargas de nitrogênio orgânico e amoniacal nas águas, como algumas indústrias químicas, petroquímicas, siderúrgicas, farmacêuticas, de conservas alimentícias, matadouros, frigoríficos e curtumes (ANA, 2005).

c) Fósforo total

Fosfatos são compostos que possuem o fósforo (P) em sua estrutura molecular. O fósforo ocorre em águas naturais e em efluentes domésticos e indústrias, quase exclusivamente na forma de fosfatos. Quanto à origem, os fosfatos presentes nas águas podem ser divididos em naturais ou derivados de ação antropogênica. O primeiro ocorre devido à dissolução de compostos do solo, carregados pela chuva (lixiviação) e pela decomposição de matéria orgânica. O segundo é devido aos despejos industriais e domésticos, aos detergentes, fertilizantes e excrementos animais (ANA, 2005).

Nas águas naturais ele se apresenta aumentado por causa, principalmente, das descargas de esgotos sanitários, onde os detergentes superfosfatados, constituem a principal fonte, além da própria matéria fecal, que é rica em proteínas. Alguns efluentes industriais também apresentam fósforo em quantidades excessivas. As águas drenadas em áreas agrícolas e urbanas também podem provocar a presença excessiva de fósforo em águas naturais (ANA, 2005).

d) Determinação de pH (potencial hidrogeniônico)

O pH, potencial hidrogeniônico ou potencial hidrogênio iônico, é a medida da concentração de íons H^+ na água e indica a acidez, neutralidade ou alcalinidade de um meio qualquer. Na água pura os íons H^+ estão em equilíbrio com os íons OH^- e seu pH é neutro (igual a 7), já o pH das águas subterrâneas varia geralmente entre 5,5 e 8,5 (MACEDO, 2007).

Os principais fatores que determinam o pH da água são o gás carbônico dissolvido e a alcalinidade e os métodos de análises podem ser por meio de eletrodo de pH (pHmetro) e/ou fitas de pH, na hora da coleta ou em laboratório (com conservação adequada da amostra).

A resolução do CONAMA Nº 357, de 17 de março de 2005, seção II, artigo 14, inciso I, alínea m, determina que o padrão de qualidade de pH em águas doces classe I, II e III, é de 6,0 a 9,0 pH (CONAMA, 2005).

e) Oxigênio dissolvido

Oxigênio Dissolvido é a quantidade em mg/L, de oxigênio dissolvido presente na água. É um dos mais importantes índices para se avaliar a capacidade de um corpo hídrico em suportar atividade biológica de organismos aquáticos. O transporte de OD entre a atmosfera e água é aumentado quanto maior a turbulência de um corpo d'água (meios lóticos) (ESTEVES, 1998).

Processos fotossintéticos dos organismos aquáticos aumentam este aporte, assim como o processo de respiração desta população aquática, a decomposição da matéria orgânica, as perdas para a atmosfera, entre outros, derivam em perdas de oxigênio neste meio líquido.

Nas águas naturais de superfície o OD varia de 0 a 19 mg/L, mas um teor de 5 a 6 mg/L já é o suficiente para suportar uma população variada de peixes. Em águas subterrâneas a quantidade de oxigênio dissolvido é muito baixa pelo fato de estar fora do alcance da atmosfera (SEZERINO, 2011).

Normalmente a quantidade de oxigênio dissolvido na água é dada como porcentagem da quantidade máxima de oxigênio possível de ser dissolvido. Esta quantidade máxima é chamada de [nível de saturação](#) e varia com a temperatura da água de 11,5 mg/L a 10°C; 9 mg/L a 20°C e 7,5 mg/L a 33°C.

Para se calcular o nível de saturação (utilizado no cálculo do IQA), utiliza-se a fórmula:

$$\% \text{ de saturação} = (\text{OD} \div \text{nível de saturação}) \times 100$$

O oxigênio dissolvido na água origina-se de duas fontes: do oxigênio da atmosfera dissolvido diretamente e no oxigênio proveniente da fotossíntese de plantas aquáticas. E sofre influência de diversos fatores como a temperatura, a altitude, a velocidade e o fluxo da água, as estações do ano, a quantidade de nutrientes presentes na água, a profundidade e a arborização presente no local (ANA, 2005).

f) Temperatura

Variações de temperatura são parte do regime climático normal e corpos d'água naturais apresentam variações sazonais e diurnas, bem como estratificação vertical.

A temperatura superficial é influenciada por fatores tais como latitude, altitude, estação do ano, período do dia, taxa de fluxo e profundidade. A elevação da temperatura em um corpo d'água geralmente é provocada por despejos industriais (indústrias canavieiras, por exemplo) e usinas termoeletricas (ANA, 2005).

A temperatura de desvio é a razão entre a temperatura de um sítio de referência e a medida obtida no local de coleta de amostras. No caso de não se ter um sítio de referência, utiliza-se o valor "zero" nos cálculos de IQA do referente curso d'água (ANA, 2005), caso este que reflete a realidade desta pesquisa que, por não apresentar um sítio de referência de temperatura, foi verificado para confronto com os padrões estabelecidos na legislação vigente.

No pensamento de Libânio (2005), as alterações de temperatura nos corpos d'água naturais decorrem principalmente da insolação e, quando de origem antrópica, são devido a dejetos industriais e águas de refrigeração de máquinas e caldeiras, onde se sabe que a temperatura é diretamente proporcional à velocidade das reações químicas e também da solubilidade das substâncias e do metabolismo dos organismos presentes no ambiente aquático.

g) Turbidez

A turbidez de uma amostra de água é medida através da presença ou não de materiais em suspensão, de diversos tamanhos e composições como partículas inorgânicas (areia, silte, argila) e de detritos orgânicos, algas e bactérias, plâncton em geral, etc. (ANA, 2005; PEIXOTO, 2007), que no momento da análise dispersam a luz e diminuem a absorção da mesma na amostra. Assim, ela torna-se a expressão desta propriedade óptica e é indicada através da unidade inglesa NTU (UNT- Unidades Nefelométrica de Turbidez), determinada através de equipamento chamado turbidímetro (método nefelométrico), método visual (solução padrão e amostra) e espectrofotométrico (uso de espectrofotômetro), que mensuram a quantidade de luz que passa pela amostra, sendo o primeiro o mais utilizado.

Ressalta-se que tal índice sofre influencia direta de fenômenos como chuvas, erosão, construções e o próprio caráter sistêmico da poluição como um todo que pode carrear problemas de um ambiente para outro.

Segundo a resolução do CONAMA Nº 357, de 17 de março de 2005 a turbidez só pode ser padronizada após a classificação do corpo d'água e variam assim para as classes de água doce (I, II e III) de 40 UNT a 100 UNT (CONAMA, 2005).

h) Resíduo total ou sólidos totais

Em saneamento, sólidos nas águas correspondem a toda matéria que permanece como resíduo após evaporação, secagem ou calcinação da amostra a uma temperatura preestabelecida durante um tempo fixado. Já para um corpo hídrico, eles podem causar danos aos peixes e à vida aquática (ANA, 2005).

Os sólidos totais podem sedimentar no leito dos rios e destruir organismos que fornecem alimentos ou também danificar os leitos de desova de peixes. Podem também reter bactérias e resíduos orgânicos no fundo dos rios promovendo decomposição anaeróbia. Altos teores de sais minerais, particularmente sulfato e cloreto, estão associados à tendência de corrosão em sistemas de distribuição além de conferir sabor às águas (ANA, 2005).

2.2.1.2 Indicadores Microbiológicos

a) Número Mais Provável (NMP) de coliformes termotolerantes ou fecais (E. Colli).

A água está classificada como um dos principais veículos de enteropatógenos causadores de inúmeras doenças ao homem e animais, para tanto, seu controle microbiológico se faz necessário.

Coliformes totais são bacilos Gram negativos que fazem parte, entre outros, da microbiota residente no trato gastrointestinal dos mamíferos. A presença de coliformes totais não é um indicativo de contaminação fecal, pois este inclui bactérias não entéricas como a *Serratia* sp. e *Aeromonas* sp. No entanto sua presença serve como indicativo da qualidade higiênico-sanitária do produto. Os coliformes termotolerantes diferenciam-se dos totais por fermentarem a lactose com produção de gás a uma temperatura de 44,5°C (BRASIL, 2003).

As bactérias do grupo coliforme são consideradas os principais indicadores de contaminação fecal, sendo formado por um número de bactérias que inclui os gêneros *Klebsiella*, *Escherichia*, *Serratia*, *Erwenia* e *Enterobactéria*. Lembrando que todas as bactérias coliformes são gram-negativas e associadas com as fezes de animais de sangue quente e com o solo. As bactérias coliformes termotolerantes reproduzem-se ativamente a 44,5 °C e são capazes de fermentar o açúcar. O uso das bactérias coliformes termotolerantes para indicar poluição sanitária mostra-se mais significativo que o uso da bactéria coliforme “total”, porque as bactérias fecais estão restritas ao trato intestinal de animais de sangue quente. A determinação da concentração dos coliformes assume importância como parâmetro indicador da possibilidade da existência de microrganismos patogênicos responsáveis pela transmissão de doenças de veiculação hídrica, tais como febre tifóide, febre paratífóide, desintéria bacilar e cólera (ANA, 2005).

2.3.2 Índice de estado trófico (IET)

O Índice do Estado Trófico (IET) de Carlson (1977) tem por finalidade classificar os corpos da água em diferentes graus de trofia, ou seja, avaliar a qualidade da água quanto ao enriquecimento por nutrientes.

Com o objetivo de caracterizar o estado trófico de reservatórios do estado de São Paulo, Toledo Jr. et al. (1983), após estudos minuciosos, alteraram a fórmula original do IET de Carlson e utilizaram apenas as variáveis fósforo total e clorofila a. Mas para o cálculo do IET nos locais de monitoramento do rio Marrecas, utilizou-se o

índice de estado trófico adotado pela CETESB, que é o introduzido por Carlson (1977) e modificado por Toledo (1990), e não se considera normalmente, na estimativa de estado de trofia, o cálculo do índice de transparência, pois esta variável é afetada pela turbidez decorrente de material em suspensão, comum em corpo de água de regime lótico.

No caso de não haver resultados de clorofila a, como é a condição do presente trabalho, devido à existência de trechos com alta correnteza, turbidez e concentração de material em suspensão, o que dificulta a análise confiável da clorofila a, considera-se apenas a variável fósforo total e utiliza-se a Equação 1 (TOLEDO Jr. 1990).

O IET para fósforo é definido como: $IET(P) = 10 (6 - \ln (80,32/P^*) \ln 2$

Onde:

\ln = logaritmo neperiano (ou natural) de 80,32/P

P= Valor do fósforo*

$\ln 2$ = logaritmo neperiano (ou natural) de 2

* unidade em mg/m^{-3} (o fósforo é obtido em mg/L – converter para mg/m^3 (ou ug/L) dividindo o valor (mg/L) por 0,001).

De acordo com os diferentes valores de IET, as águas podem ser classificadas como: ultraoligotrófica, oligotrófica, mesotrófica, eutrófica e hipereutrófica, para as quais são dados valores de classes de IET de 1 a 5, respectivamente (Tabela 4). O padrão estabelecido na Resolução CONAMA nº 357 (BRASIL, 2005) para águas de classe 1 e 2, regime lótico, é de 100 $\mu g L^{-1}$.

Tabela 4- Critérios para classificação do índice de estado trófico (IET)

Critério	Fósforo total (ug/L^{-1})	Estado Trófico
$IET \leq 24$	≤ 6	Ultraoligotrófico
$24 < IET \leq 44$	7,0 – 26,0	Oligotrófico
$44 < IET < 54$	27,0 – 52,0	Mesotrófico
$54 < IET < 74$	53,0 – 211,0	Eutrófico
$IET > 74$	$> 211,0$	Hipereutrófico

Fonte: Toledo Jr (1990).

Nesse índice, os resultados correspondentes ao fósforo, IET(P), devem ser entendidos como uma medida do potencial de eutrofização, já que este nutriente atua como o agente causador do processo (ANDRIONI et al. 2009). Mas inicialmente, faz-se necessário salientar que avaliações do estado trófico de rios são

bastante raras. Este tipo de abordagem é mais comum para sistemas aquáticos lênticos, deixando claro, a carência de estudos que tratem de ecossistemas lóticos.

2.3.3 Vazão e poder de depuração

2.3.3.1 Vazão

A vazão é conceituada como “o volume de água que passa por uma determinada seção, de um rio ou canal, num determinado intervalo de tempo (m^3/h)”. A medida de vazão em um curso d’água é efetuada, normalmente, de forma indireta a partir da medida de velocidade ou de nível (SANTOS et al. 2001. p. 119).

A medição de vazão de um rio assume papel fundamental nos estudos das condições biológicas e físico-químicas do mesmo, uma vez que estas, normalmente, estão atreladas à capacidade de transporte de carga do canal, o que é definido com os dados obtidos com a medição da vazão (SANTOS et al. 2001).

De acordo com Santos et al. (2001, p. 119), “medição de vazão em hidrometria é todo processo empírico utilizado para determinar a vazão de um curso de água”, onde o volume de água que passa por uma seção transversal, em um determinado período de tempo é o que se chama de vazão ou descarga de um rio.

O cálculo de vazão se dá através da utilização da medida da seção transversal do curso d’água multiplicado pela velocidade média do fluxo (PORTO et al. 2001), ou seja:

$$Q = V \cdot A$$

Onde:

Q = vazão ($m^3.s^{-1}$ ou $ml.s^{-1}$)

V = velocidade do fluxo d’água ($m.s^{-1}$)

A = área da seção transversal do rio (m^2)

2.3.3.2 Poder de depuração ou autodepuração

A autodepuração é um processo natural, no qual cargas poluidoras, de origem orgânica, lançadas em um corpo d’água são neutralizadas. De acordo com Sperling (1996), a autodepuração pode ser entendida como um fenômeno de sucessão ecológica, em que o restabelecimento do equilíbrio no meio aquático, ou

seja, a busca pelo estágio inicial encontrado antes do lançamento de efluentes é realizada por mecanismos essencialmente naturais.

Para Braga et al. (2003), um corpo d'água poluído por lançamentos de matéria orgânica biodegradável pode sofrer um processo de recuperação denominado de autodepuração que é realizada por meio de processos físicos (diluição, sedimentação), químicos (oxidação) e biológicos.

A decomposição da matéria orgânica corresponde, portanto, a um processo biológico integrante do fenômeno da autodepuração, por um processo de decomposição, através de microrganismos aeróbios e causa um decréscimo nas concentrações de oxigênio dissolvido na água devido à respiração dos microrganismos decompositores. Tal processo é completado com a reposição, pela reaeração, deste oxigênio consumido. O processo de autodepuração pode ser dividido em duas etapas:

1º Decomposição - A quantidade de oxigênio dissolvido na água, necessária para a decomposição da matéria orgânica, é chamada de Demanda Bioquímica de Oxigênio – DBO e em outras palavras, é o oxigênio dissolvido consumido pelos microrganismos que diminuem a quantidade do oxigênio pela digestão da matéria orgânica. Ou seja, ao se ter o conhecimento da DBO, pode-se determinar o impacto existente ou não no corpo hídrico.

2º Recuperação de oxigênio dissolvido ou reaeração - A existência de turbulências na água é uma forma de dissolver o oxigênio consumido pelos microrganismos.

As duas etapas ocorrem simultaneamente e aliadas a outras variáveis como a vazão do rio são responsáveis pelo processo de autodepuração de um corpo hídrico

No processo de autodepuração, há um balanço entre as fontes de consumo e de produção de oxigênio (SPERLING, 2007), e se desenvolve ao longo do tempo e da direção longitudinal do curso d'água. Segundo Braga et al. (2002), os estágios de sucessão ecológica presentes nesse processo são fisicamente identificados por trechos, que o autor define como zonas de autodepuração e os divide em:

- Zona de águas limpas - localizada em região à montante do lançamento do efluente (caso não exista poluição anterior) e também após a zona de recuperação. Essa região é caracterizada pela elevada concentração de oxigênio dissolvido e vida aquática superior. Locais que nesta pesquisa podem ser destacados como a montante do perímetro urbano da cidade, embora seja de conhecimento o

lançamento anterior de substâncias derivadas do processo agrícola. Após a zona de recuperação seria o local próximo a foz do rio Marrecas (ponto 3).

- Zona de degradação - localizada à jusante do local de lançamento, caracterizada por uma diminuição inicial na concentração de oxigênio dissolvido e presença de organismos mais resistentes; neste caso seria o local a jusante do perímetro urbano de Francisco Beltrão (ponto 2).

- Zona de decomposição ativa - região onde a concentração de oxigênio dissolvido atinge o valor mínimo e a vida aquática é predominada por bactérias e fungos (anaeróbicos); que poderia ser comparada a região central da área urbana da cidade de Francisco Beltrão.

- Zona de recuperação - região onde se inicia a etapa de restabelecimento do equilíbrio anterior à poluição, com presença de vida aquática superior. Nesta pesquisa se destaca o local o próximo à foz (ponto 3).

Das determinações rotineiramente utilizadas para avaliação do poder de autodepuração de um curso d'água está o oxigênio dissolvido. Considerado uma das mais importantes variáveis utilizadas, pois se o poder de depuração estiver afetado, a quantidade de oxigênio dissolvido presente no curso d'água estará diminuído (SANTOS, 2001).

O fenômeno da autodepuração se desenvolve no sentido de transformar os compostos orgânicos em substâncias inertes e não prejudiciais do ponto de vista ecológico (SPERLING, 1983; BRANCO, 1986) e consiste no restabelecimento do equilíbrio no meio aquático, posteriormente às alterações produzidas. A capacidade de autodepuração de um sistema depende diretamente de dois processos operantes: a desoxigenação e reoxigenação ou coeficiente de reaeração.

O coeficiente de autodepuração é a medida do processo natural de neutralização da matéria poluidora que atinge um curso de água, incluindo diluição, sedimentação e estabilização química. O fenômeno de reoxigenação ou reaeração é o mais sensível, uma vez que, tanto a poluição como a sua estabilização, é determinada em termos de oxigênio dissolvido e déficit de saturação, medidos diretamente (BRANCO, 1986).

O conhecimento da vazão nos locais de coletas é um fator importante e essencial na determinação da autodepuração, pois um sistema fluvial possui mecanismos naturais, por exemplo, a turbulência que regula o transporte de materiais e confere certa unidade a todo ecossistema. A velocidade do fluxo de água

varia de um ponto a outro e as direções desse fluxo são estreitamente paralelas (ANDRADE, 2010).

2.4 TEORIA SISTÊMICA – SISTEMA CAIXA PRETA

Na década de 1930, nos Estados Unidos, o biólogo Ludwig Von Bertalanffy (1973), começou a trabalhar a noção de sistemas na teoria geral de sistemas, o que definiu como “um conjunto de unidades em inter-relações mútuas” (MURATORI, 1996. p. 5). Ele hierarquizou os sistemas em simples e complexos, distinguindo-os entre os fechados e os abertos. Onde o primeiro relaciona-se a sistemas isolados em seu entorno e o segundo aquele que permite trocas entre o sistema e o meio. Tricart (1975) descreve que um sistema funciona na presença de energia, pois é dinâmico, evolui e se modifica. Cita o autor que existe uma energia/matéria de entrada e outra de saída (input e output) que impulsionam seu funcionamento.

Pesquisas dos fenômenos de natureza física em relação à ação humana na terra e sua interatividade com a relação homem-natureza se ajustam claramente ao paradigma sistêmico (MURATORI, 1996), pois servem de base para discussão de problemas ambientais. Na visão de Vieira e Weber (1996), sempre que se tenta compreender a ação do homem no meio em que ele vive e sua realidade, geralmente esta se adotando um enfoque sistêmico. Assim, reconhecer na complexidade, na globalidade e na interatividade do meio natural e humano, a existência de “sistemas”, de “conjuntos de elementos” em interação que formam uma totalidade. Salienta-se que os processos ambientais agem e interagem em conjunto e torna-se de suma importância a utilização de uma abordagem holística das partes constituintes (CHRISTOFOLETTI, 1999).

A natureza físico-biológica do sistema terrestre organiza-se ao nível de ecossistemas e geossistemas, ou seja, do sistema ambiental, que integram as atividades humanas e influem nas características e nos fluxos de matéria e energia, modificando o equilíbrio natural desses sistemas (CHRISTOFOLETTI, 1999. p. 36).

De acordo com Drew (1986), é possível considerar a terra como um sistema, dividido em inúmeros subsistemas interdependentes: atmosfera, hidrosfera, litosfera e biosfera, considerados os mais importantes.

Ao se conceituar fenômenos como sistemas, se encontra uma grande dificuldade que é a de identificar os elementos, os atributos (variáveis) e as suas relações, para delinear claramente a abrangência do sistema foco, pois todos os sistemas fazem parte de um conjunto maior (CHRISTOFOLETTI, 1999). Opinião reforçada por Casseti (1995, p. 30), que descreve que todo conjunto de subsistemas pertence a um sistema maior, cujas ações e reações estão condicionadas pela matéria e pelas fontes energéticas (internas e externas), onde o homem está presente no sistema geral de relações e exerce grande pressão sobre o meio geográfico. Ele salienta que se a análise dos sistemas naturais é comandada pela própria natureza, sua apropriação pelo homem (produção da natureza) de maneira intervencionista, afeta significativamente a atividade do sistema (segunda natureza). Assim, as propriedades geoecológicas transformam-se em sócio-reprodutoras (como suporte ou recurso) e surgem então as consequências ambientais.

Na teoria sistêmica sequencial existe o sistema Caixa-preta, que designa um sistema aberto ou fechado, onde se conhecem apenas os valores de entrada (*input*) e os valores de saída (*output*) e com os mecanismos de estrutura interna, não aberta à observação. Em uma análise por meio da ótica da teoria sistêmica, Christofolletti (1979, 1980 e 1999) descreve que considera a bacia hidrográfica como um sistema não isolado, devido às relações mantidas com os demais sistemas do universo; e um sistema aberto, porque nela ocorrem constantes trocas de energia e matéria (*inputs* e *outputs*), tanto ao receber como ao perder. Sendo, portanto, um sistema bem caracterizado, identificado pela entrada de material e energia (através da precipitação atmosférica), pela circulação interna deste material (o escoamento superficial, por exemplo) e por sua saída, (que num curso fluvial corresponde à sua foz).

Ao se ter conhecimento de que o sistema é o objeto de estudo, neste caso a bacia hidrográfica do rio Marrecas, destaca-se que o rio Marrecas é a unidade do sistema a ser pesquisada. Seu subsistema (partes integrantes que formam o sistema) são as águas (chuva, superficiais e subterrâneas), a vegetação, o uso e ocupação do solo e as ações antrópicas em seu entorno. Ao se ter optado pelo sistema caixa preta (Figura 6), objetivou-se pesquisar somente as entradas e saídas do sistema (o rio), sem avaliar seu interior (caracterização e quantificação específica das fontes poluidoras no perímetro urbano). Ou seja, as entradas são aquilo que o sistema importa do meio ambiente para ser processado, como a água, os sólidos, a

matéria orgânica e inorgânica. A saída é o resultado final do processamento deste sistema, como por exemplo, o poder de depuração deste rio (PENTEADO, 1980).

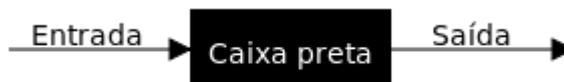


FIGURA 6 -Teoria sistêmica – sistema caixa preta

Fonte: Penteado, 1980

No sistema caixa preta, se desconhece o que ocorre após a entrada desta matéria/energia no sistema e sabe-se apenas como ela sai deste. No caso desta pesquisa, a entrada se relaciona a qualidade da água do rio Marrecas, antes dela cruzar o perímetro urbano da cidade de Francisco Beltrão e a saída representa o material e a energia que entraram e saíram, após sofrer modificações no corpo do sistema, o que neste caso é a qualidade da água após a passagem no perímetro urbano, que destaca o poder de depuração ou não, deste rio (PENTEADO, 1980).

Para Christofolletti (1999) a intervenção humana aumenta a complexidade de um sistema, pois se observa a existência de variáveis chaves, nas quais o homem pode causar alterações importantes, tanto na entrada como na saída de matéria ou de energia e que modificam as formas relacionadas a esses sistemas, como as cargas de poluentes derivados da ação antrópica que vão para um rio e causam alterações conscientes ou inconscientes e inconsequentes, ao modificar irreversivelmente o sistema.

3 ÁREA DE ESTUDO

A área de abrangência deste estudo compreende o rio Marrecas, em seu médio e baixo curso, na porção que passa pela cidade de Francisco Beltrão/PR, devido a este ser o principal rio da bacia do rio Marrecas e a principal fonte de abastecimento de água da cidade. Desta forma compreende-se que o estudo abrange a bacia do rio Marrecas em seu médio e baixo curso, por seu trajeto passar pela área urbana de cidades como Marmeleiro e Francisco Beltrão, embora tenha sua nascente em Flor da Serra do Sul. Ressalta-se que o mesmo torna-se alvo de vários estudos que discutem sua importância, bem como a manutenção de sua qualidade, devido à ação antrópica sobre o mesmo.

3.1 BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO MARRECAS

Ao se conceituar bacia hidrográfica, cita-se o pensamento de Santos (2004, p.40), que diz que ela é “um sistema natural delimitado num espaço, onde a topografia leva a uma drenagem natural dos cursos d’água e seus afluentes, vindo a interagir (ao menos fisicamente) de forma integrada”. Já na concepção de Tundisi et al.(1988) ela pode ser utilizada como laboratório natural para investigações, treinamentos, demonstrações e experimentações, pois sua atividade contínua leva a compreensão de processos e fenômenos de forma globalizada e não compartimentada. Uma análise de relações internas e externas da interação homem natureza, que deriva em mudanças na paisagem e no território que a compõem.

Na bacia do rio Marrecas, observa-se um relevo com características de ondulado a escarpado, típico de platôs elevados com áreas planas delimitadas por desníveis acentuados. Visualizam-se ainda altas declividades, próximo às cabeceiras de drenagem, com interflúvios estreitos e talwegues com tendências de entalhamentos (MINEROPAR, 2002).

Uma rápida descrição do relevo desta bacia é citada por Geremia (2009), que fala sobre as várias unidades existentes:

A bacia hidrográfica do rio Marrecas apresenta várias unidades de relevo, como área de topo, patamares Intermediários, degraus estruturais e fundos de vale. Sendo em seu percurso encontrados vales em formato de “u” e “v”. Os fundos de vales em “v”, fechados,

exibem vertentes retilíneas e os vales com fundo chato, possuem vertentes mais suaves como é o caso de fundo de vale em “u” onde se desenvolve o sitio urbano de Francisco Beltrão (GEREMIA, 2009. p.36).

O solo da região de abrangência da bacia hidrográfica do rio Marrecas é de grande fertilidade, com grande utilização e conta com uma floresta subcaducifólia subtropical, com extrato superior dominado pela araucária como cobertura vegetal principal; não se tratando de floresta única, mas de uma diversidade dela. Onde o clima é caracterizado, segundo o sistema de classificação climática de Köppen como Cfa (ALBERTI, 2008).

A bacia do rio Marrecas (Figura 7), por se encontrar na região sul do Brasil, apresenta peculiaridades que vão desde ter estações do ano bem definidas, uma irradiação solar tênue (em comparado a outras regiões do Brasil), até uma pluviosidade abundante e bem distribuída, o que deriva em condições favoráveis ao desenvolvimento de formações florestais (GEREMIA, 2009). Ela apresenta uma disparidade em relação à distribuição de seus afluentes e por isso é classificada como assimétrica. A maior densidade desta bacia está na margem direita do rio Marrecas, onde os afluentes são menos desenvolvidos, destacando-se o rio Frio e o São José. Na margem esquerda encontram-se os afluentes mais desenvolvidos tais como o rio Quatorze, o Bonito, o Lageado Grande, o Santa Rosa e o Tuna, entre outros (PAISANI et al., 2005).

Possui como coordenadas geográficas, em latitude 25°54'48” e 26°21'05”Sul e longitudes 52°54'34” leste e 53°17'03”Oeste (LUZ, 2006), e ocupa partes dos municípios de Flor da Serra do Sul e Marmeleiro, onde ficam suas nascentes. A maior parte da bacia está em seu médio curso e localiza-se no município de Francisco Beltrão. Seu baixo curso e sua foz com o rio Santana se encontram nos municípios de Itapejara do Oeste e Verê (MACHADO, 2009).

Destaca-se que o rio Marrecas se origina da confluência de outros dois rios que são o rio Verde (nascente à direita) e rio Araçá (nascente à esquerda), e é um dos principais afluentes do rio Santana. Seu percurso corre de Oeste para Leste, perpassa a cidade ao meio e sua largura é de aproximadamente 20 metros com profundidade inferior a um metro. Deságua no rio Chopim, que por sua vez deságua no Iguaçu (MACHADO, 2009).

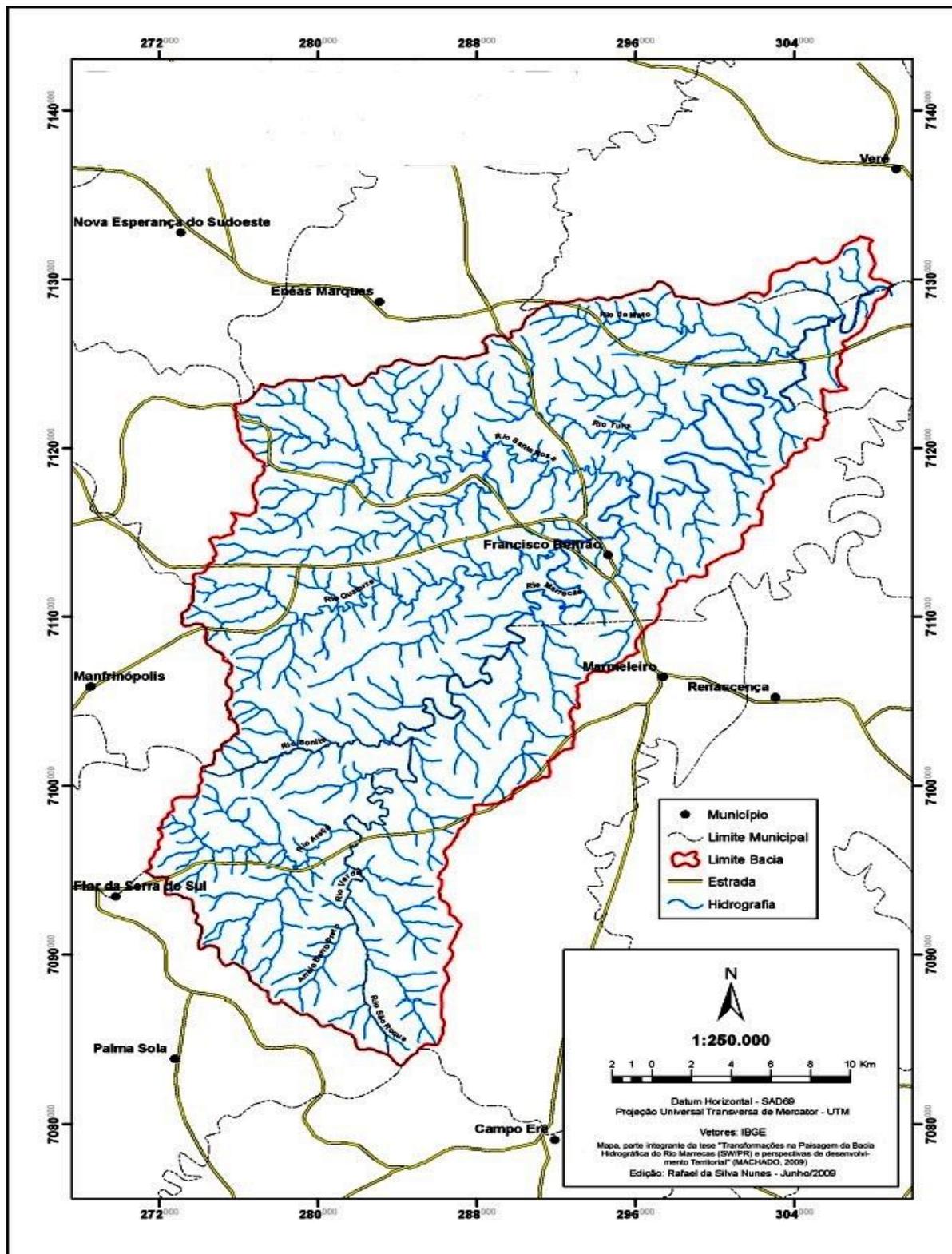


FIGURA 7- Bacia hidrográfica do Rio Marrecas

Fonte: MACHADO (2009, p.57)

Essa bacia possui uma importante rede de drenagem (arroyos, córregos e rios), integrada e direcionada a região nordeste do rio Marrecas, principal e maior

(em área) rio, que serve como fonte primária de captação de água para a parte urbana do município; e o rio Santa Rosa, o segundo maior afluente com 166 km², que ocupa 19,2 % da área total da bacia do rio Marrecas, conforme cita Luz (2011):

A rede de drenagem da bacia do rio Marrecas possui 865,43 km² de área e 164,9 km de perímetro e é composta por 60 sub-bacias formadas por 465 canais tributários, mais o canal principal resultando num total de 466 canais. A bacia compreende 369 canais de 1ª ordem medindo 522,8 km de extensão, 78 canais de 2ª ordem medindo 181,58 km de extensão, 14 canais de 3ª ordem medindo 81,02 km de extensão, 4 canais de 4ª ordem medindo 38,77 km de extensão e 1 canal de 5ª ordem medindo 146,6 km de extensão (rio Marrecas). A rede de drenagem total da bacia hidrográfica do Rio Marrecas inclui 466 canais que somam 970,67 km de extensão. A bacia mede em linha reta 54,4 km e seu canal principal tem uma extensão de 146,6 km (LUZ, 2011.p.29).

Sabe-se que uma bacia hidrográfica sofre fortes influências das condições químicas das águas dos rios que a compõem, sendo por sua vez influenciadas pelas condições físicas, químicas e biológicas derivadas do uso da terra. As características morfométricas desta bacia hidrográfica, também respondem pela qualidade final de sua água, pois a litologia e o declive de uma área vem a determinar uma maior ou menor ocorrência de determinados íons. Assim como a vegetação e outros componentes bióticos do local também sofrem influências, que vão desde as alterações climáticas até as alterações no solo e exercem também diferenciações no aporte de matéria orgânica. Fatores estes que interagem e formam a composição química das águas dos rios (RIOS & CALIJURI, 1995).

Embora a classificação da bacia do rio Marrecas pela norma CONAMA 357/05 seja classe 2, o que significa que “suas águas estão em condições de serem utilizadas para abastecimento doméstico, após receberem tratamento, entre outros usos”, FERRETTI (1998) ao analisar seu estado ambiental no ano de 1998, concluiu que era preocupante, devido ao potencial erosivo alto observado nos solos, que apresentam baixa cobertura vegetal e um alto balanço hídrico. Tal constatação vem apontar diversos fatores de risco como relata a autora:

“[...] o fato de que a cobertura vegetal atual não ter nenhuma semelhança com a original e o relevo ser identificado como montanhoso a escarpado. Nas curvas hipsométricas dos setores, verifica-se que o relevo encaixa-se numa fase madura (equilíbrio) de desenvolvimento; o potencial erosivo dos solos apresentou-se alto a muito alto; a densidade de drenagem qualificou-se como mediana; o

balanço hídrico caracterizou-se como alto; a erosividade da chuva é caracterizada como muito forte; e a proteção fornecida ao solo pela cobertura vegetal atual é baixa (FERRETI, 1998.p.182)".

Os resultados obtidos pela pesquisadora demonstravam a necessidade de um controle maior sobre tal bacia hidrográfica e destacaram em um contexto geral, a situação ambiental da mesma como preocupante, ao retratar a problemática da ocupação humana, que já vinha ocorrendo de maneira desorganizada, bem como as formas de uso do solo, que se fazia de modo equivocado na maior parte da bacia (FERRETTI, 1998).

3.1.1 Clima

Sobre o clima predominante na região sudoeste do Paraná, segundo o sistema de classificação climática de Köppen (baseado na vegetação, temperatura e pluviosidade) apresenta os climas Cfa (Clima subtropical úmido mesotérmico) e Cfb (Clima temperado propriamente dito). Mas no Município de Francisco Beltrão, onde se encontra grande parte da bacia hidrográfica do rio Marrecas, ocorre um predomínio do clima Cfa, cujas letras indicam: "c" clima mesotérmico temperado, "f" chuvas bem distribuídas durante todo o ano e "a" verões quentes (IAPAR, 2011; GEREMIA, 2009).

As estações apresentam-se bem definidas ao longo do ano, com verões quentes e invernos frios e temperaturas médias inferiores a 16°C. Nos meses mais quentes com temperatura superior aos 30°C, e chuvas regulares ao longo do ano, onde a precipitação pluviométrica oscila entre 1900 a 2000 mm anuais (IAPAR, 2011).

3.1.2 Relevo e solo

A MINEROPAR (2002), ao realizar estudo sobre o potencial mineral e as características do solo na região sudoeste do Paraná, descreveu um relevo com grandes elevações nas encostas, além de ter altitudes variadas que chegam de 500m nas margens do rio Marrecas a 948m na cabeceira do Arroio Jacutinga. Com uma constituição geológica representada por rochas basálticas da formação Serra Geral (cobrem 100% do território do município de Francisco Beltrão), que se

originaram da lava vulcânica que saiu à época para a superfície através de grandes fissuras.

Como bem se sabe, solo é o resultado de processos físico-químicos e biológicos sobre as rochas:

O solo é a formação natural que se desenvolve na porção superficial da crosta da Terra, resultado da interação dos processos físicos, químicos e biológicos sobre as rochas, e que tem como característica importante o fato de permitir o desenvolvimento da vegetação. A quantidade do solo tem relação direta com algumas características locais naturais (vegetação, relevo, permeabilidade, zona saturada) e com o tipo de uso que lhe é dado (FUNASA, 2007, p.27).

Assim, conforme descreve Paisani et al. (2008), os solos do sudoeste do Paraná são representados predominantemente por latossolo vermelho, nitossolo vermelho; ocorrendo localmente neossolos litólicos. Geremia (2009, p.38), também cita que a bacia hidrográfica do rio Marrecas, “por situar-se ao sul do trópico de capricórnio e ter substrato rochoso com predomínio de rochas basálticas, apresenta desenvolvimento de latossolos e nitossolos, adjetivados como vermelhos ou brunos”, e vai além ao descrever mais amplamente tais tipos de solos:

Os latossolos são classificados como: solos constituídos de material mineral, com horizonte b latossolico logo abaixo do horizonte a. Eles podem ser subdivididos em latossolos brunos, amarelos, vermelhos e vermelho/amarelos todos com subdivisões em cada classe. Os nitossolos são solos constituídos de material mineral que apresentam horizonte b nítrico, com argila de atividade baixa logo abaixo do horizonte a. Os nitossolos podem ser subdivididos em nitossolos vermelhos e nitossolos haplicos, ambos com subdivisões (GEREMIA, 2009, p.38).

A cidade de Francisco Beltrão é a única parcela urbanizada da bacia do rio Marrecas, onde se pode entender que, tanto uma quanto a outra, resultam de ações e de relações humanas no tempo e no espaço, através dos processos territorializantes, por isso optou-se estudar especificamente a qualidade da água do rio Marrecas em seu trajeto no perímetro urbana desta cidade. Assim destaca-se o pensamento de Machado (2009), onde diz que à área da bacia, ocupada pela cidade em 1985, correspondia a 1,94% e em 1995/96 esse percentual passou para 2,94% (MACHADO, 2009) e salienta ainda que:

No Sudoeste do Paraná, no final dos anos 1980 e início dos anos 1990, verificam-se três processos principais de reordenamento da

economia regional: a) a diversificação da produção agrícola e o incremento da produção de leite; b) a intensificação da urbanização; c) a instalação e o fortalecimento de agroindústrias, derivando nas características básicas de uso e ocupação do solo nesta bacia (MACHADO, 2009. p.100).

3.1.3 Rio Marrecas

O rio Marrecas é o principal formador da "Bacia do rio Marrecas", nasce em Flor da Serra do Sul, passa por Marmeleiro e Francisco Beltrão, para então desaguar no rio Santana, cujo sentido de suas águas é SW-NE. Segundo Ferretti (1998), ele já foi classificado pela CONAMA 357 de 2005, como sendo um rio em média de classe 2 e assim suas águas serem utilizadas para consumo humano, recreação e aquicultura, como sugere:

III - classe 2: águas que podem ser destinadas:

- a) ao abastecimento para consumo humano, após tratamento convencional;
- b) à proteção das comunidades aquáticas;
- c) à recreação de contato primário, tais como natação, esqui aquático e mergulho, conforme Resolução CONAMA nº 274, de 2000;
- d) à irrigação de hortaliças, plantas frutíferas e de parques, jardins, campos de esporte e lazer, com os quais o público possa vir a ter contato direto; e
- e) à aquicultura e à atividade de pesca (BRASIL, 2005. Art.4º).

Este rio tem uma extensão de aproximadamente 147 km, da montante a jusante e declividades mais acentuadas nos seus primeiros 5 km, com altitudes que iniciam em torno de 900m junto as nascentes e chegam a aproximadamente 430m próximo à foz (LUZ, 2011).

A vazão média diária deste rio, registrada entre os anos de 2002 e 2008, é de 8,9 m³/s (SANEPAR, 2009). A pluviosidade e temperatura média anual são determinadas de alguma maneira pela dinâmica das massas de ar, sobretudo a polar e a tropical continental, onde a temperatura média anual fica em torno dos 19°C, com máximas em torno de 30°C e mínimas em torno de 11°C, característica de um clima de regiões com altitudes inferiores a 850–900 m (GEREMIA, 2009).

Ao se observar o perfil longitudinal da bacia do rio Marrecas, demonstrado através da relação altitude (cota) x distância em todo seu trajeto, conclui-se que a distância entre o primeiro (1) e o último local de monitoramento (3) da referida pesquisa (montante da área urbana e próximo à foz com o rio Santana) é de aproximadamente 70 km (Figura 8).

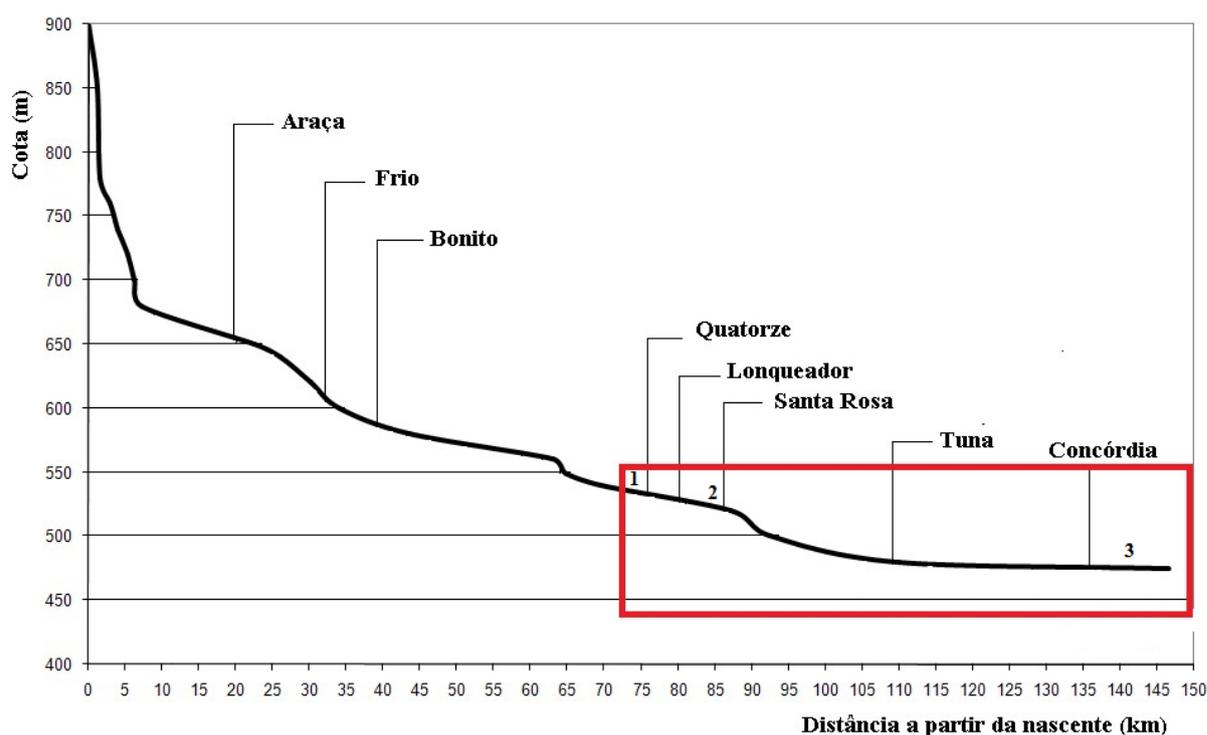


FIGURA 8- Perfil longitudinal da área de abrangência do estudo na bacia hidrográfica do Rio Marrecas, com marcação dos locais de monitoramento 1, 2 e 3.

Fonte: Adaptado de Luz, 2011.

3.2 SITIO URBANO DE FRANCISCO BELTRÃO

A história do município de Francisco Beltrão se deu com a criação de um núcleo de colonização nacional, denominado Colônia Agrícola General Osório, cuja sigla é “CANGO”, e constituiu-se outra iniciativa do governo Vargas no seu propósito de povoar e colonizar o Oeste paranaense. A primeira denominação do povoado foi Marrecas, devido a sua localização às margens do rio do mesmo nome, e a denominação atual do município é uma homenagem ao engenheiro paranaense, Francisco Trevisani Beltrão, que, na qualidade de Diretor do Departamento do Oeste, foi o iniciador do povoamento da localidade, em 1922 (IBGE, 2010). Após sua emancipação política, o então município de Francisco Beltrão desmembrou-se de Clevelândia e levou consigo uma fatia de 72.190 hectares, o que se deu na data de 14 de dezembro de 1951, pela Lei de nº 790 de 14/11/1951 (PARANÁ, 1951).

Localizado na região central do Sudoeste do Paraná (Figura 9), o município de Francisco Beltrão fica cerca de 380 km (distancia aérea) da capital do Estado,

Curitiba, 70 km a leste da divisa com a Argentina, e cerca de 30 km ao norte da divisa com o estado de Santa Catarina. A área do município é de 735 km², com urbanização de aproximadamente 30 km² e núcleo urbano na parte sudeste próximo à divisa com o município de Marmeleiro, cuja área urbana encontra-se distante cerca de 5 km da cidade de Francisco Beltrão. As altitudes variam desde cerca de 500 metros nas margens do rio Marrecas, a nordeste da cidade, e alcançam até 948 metros nas cabeceiras do arroio Jacutinga. (IBGE, 2010).

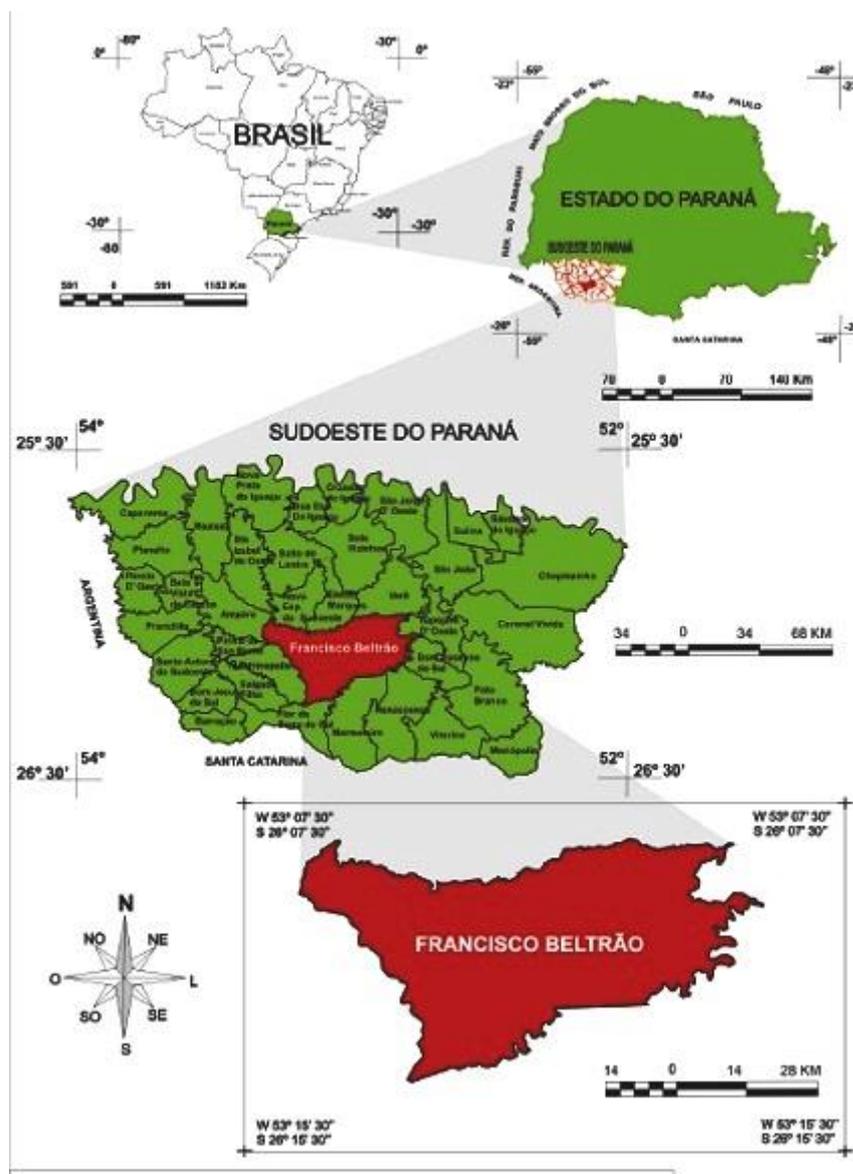


FIGURA 9- Localização geográfica de Francisco Beltrão/PR

Fonte: MONDARDO, 2009

A cidade de Francisco Beltrão nasceu e cresceu “em volta” do rio Marrecas, invadindo suas margens, sem se preocupar com as ações iminentes das intempéries

do tempo. Desde o início de sua colonização (a partir de meados da década de 40), o Rio foi considerado o apoio central de desenvolvimento do local, o que sem dúvida veio a contribuir para que, as inundações da área urbana se tornassem uma preocupação constante, tanto para a população atingida, como para os órgãos públicos (SANTIS, 2000). Outra característica marcante de tal cidade é a ocupação de topos de morros e encostas, tanto pela população de menor, quanto a de maior poder aquisitivo.

A população do município, segundo o último censo do IBGE (IBGE, 2010) é de 78.943 pessoas, distribuídas nas diversas faixas etárias, onde 85,4% (67.449 pessoas) encontram-se na área urbana e 14,6% (11.494 pessoas) na área rural. O saneamento básico é composto por uma cobertura adequada de 64,3%, semi-adequado em 30,4% e inadequado em 5,4% dos domicílios permanentes, onde a SANEPAR descreve uma cobertura de 16.213 unidades (IPARDES, 2012).

O abastecimento de água é realizado pela SANEPAR, que faz a captação de água para abastecimento público no Rio Marrecas, pouco antes deste entrar na área urbana da cidade. O tratamento é realizado no Morro da SANEPAR, que fica a 640 metros de altitude e cerca de 70 metros acima da maior parte da área urbana, o que facilita sua distribuição (FRANCISCO BELTRÃO, 2010). Destaca-se que 22.473 domicílios servem-se da rede geral de abastecimento e 3.204 ainda usam água de poços ou nascentes, segundo o IBGE (2010), mas para a SANEPAR os números de abastecimento são maiores e chegam a 25.872 unidades atendidas em 2011 (IPARDES, 2012).

O IBGE salienta que 23.930 domicílios contam com coleta de lixo, 1.220 domicílios queimam o lixo na propriedade, outros 370 o enterram, 43 jogam em terrenos baldios ou logradouros e 139 descrevem outros destinos ao lixo (IBGE, 2010).

As atividades econômicas do município de Francisco Beltrão, que são geradoras de riquezas, derivam em grande parte do setor primário, ficando o setor terciário composto por alguns serviços com boa parcela de diversificação e especialização, como a área médico-hospitalar, serviços automotivos e o comércio varejista. No setor secundário encontram-se as indústrias do ramo de vestuário (em torno de 100 empresas do ramo na mesorregião) e o setor moveleiro (PANORAMA GERAL, 2011). A atividade agrícola é desenvolvida predominantemente em sistema de minifúndios, destacando-se culturas como milho, soja, feijão, trigo e mandioca,

mas com ocorrência também na produção de banana, laranja e cana de açúcar. A pecuária, também é bastante desenvolvida e presente nas propriedades rurais e as principais atividades vão desde a criação de aves de corte, suínos e bovinos, até as vacas leiteiras que compõem um cenário em torno de 2.222 estabelecimentos agrícolas (IBGE, 2010).

4 MÉTODOS E TÉCNICAS

A base metodológica deste trabalho é a análise sistêmica (CHRISTOFOLETTI, 1979), onde a problemática é vista como um sistema em cascata, do tipo caixa-preta, no qual se verificou as entradas e saídas de água, bem como suas propriedades físicas, químicas e microbiológicas.

O objetivo do trabalho foi o de verificar a qualidade da água do rio Marrecas antes e após o sítio urbano de Francisco Beltrão e seu poder de depuração ou não, sendo para isso, escolhidos três locais específicos para a mensuração:

- O primeiro local de monitoramento, para avaliação da qualidade da água que chega ao sítio urbano, foi especificado no mesmo local onde a SANEPAR realiza a captação de água para a estação de tratamento e abastecimento da cidade.
- O segundo local de monitoramento, que teve por foco a verificação da qualidade da água após a passagem do rio pelo sítio urbano, foi determinado próximo ao bairro Padre Úlrico (vulgo “Horto”), pela dificuldade de acesso ao rio após tal bairro.
- O terceiro e último local, objetivou a verificação do poder de depuração deste rio e foi fixado próximo a sua foz com o rio Santana.

4.1 LOCAIS DE MONITORAMENTO

O trabalho teve início com o reconhecimento da área de estudo, definição dos locais de coleta de água, seguido da sistematização das mesmas e finalizou com a determinação dos parâmetros de qualidade e avaliação do poder de depuração do rio Marrecas.

Cada local de coleta passou por quatro análises mensais de qualidade da água, obtidas a cada semana, nos meses de agosto e outubro do ano de 2011, o que totalizou 24 amostras no período. Recordar-se que o primeiro local de monitoramento foi a montante da área urbana da cidade de Francisco Beltrão (ponto 1), o segundo a jusante (ponto 2) e o terceiro próximo a sua foz com o rio Santana (ponto 3), já no município de Itapejara D'Oeste, comunidade de Barra Grande.

4.1.1 Monitoramento à montante do perímetro urbano de Francisco Beltrão (ponto 1)

O local de monitoramento a montante (ponto 1) se localiza antes do sítio urbano de Francisco Beltrão (Figura 10), nas imediações do bairro Marrecas, junto à estação de captação de água da SANEPAR.

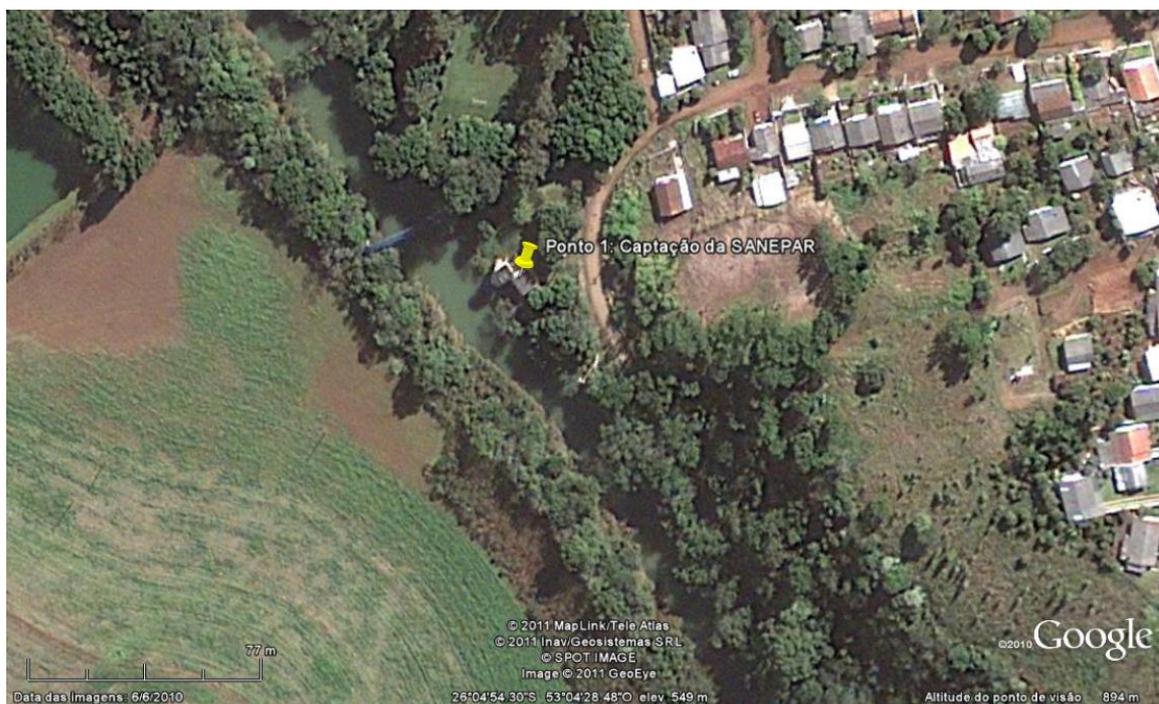


FIGURA 10- Localização do monitoramento à montante, junto à estação de captação da SANEPAR. Coordenada geográfica: 26 04'52.74"S/53 04'30.35"O(UTM: 0292522 N; 7113635 E).

Fonte: Google Earth, 2011.

4.1.2 Monitoramento à jusante do perímetro urbano de Francisco Beltrão (ponto 2)

O local de monitoramento à jusante (ponto 2) se localiza nos limites do bairro Padre Úrico e Jardim Itália, próximo ao final do sítio urbano de Francisco Beltrão, especificamente na ponte da rodovia Contorno Norte (Figura 11).

4.1.3 Monitoramento próximo à foz do rio Marrecas (ponto 3)

O local de monitoramento próximo a foz (ponto 3) foi estabelecido próximo à sua confluência com o rio Santana, na comunidade de Barra Grande, Município de Itapejara D' oeste (Figura12). Mediante a dificuldade de acesso, optou-se por uma área anterior a foz (ponto 3), justamente onde há uma ponte, o que facilitou as coletas de água e as medições de vazão.



FIGURA 11- Localização do local de monitoramento à jusante, na Ponte da rodovia Contorno Norte, final do sítio urbano da cidade de Francisco Beltrão. Coordenada geográfica: 26 03'14.55"S/53 02'48. 87"O (UTM: 0295264 N; 7116740 E).

Fonte: Google Earth, 2012.



FIGURA 12 - Localização do local de monitoramento próximo à foz do rio Marrecas com o rio Santana. Coordenada geográfica: 25 57'29.71"S/52 56'15. 88"O (UTM: 0295252,39 N; 7116757 E).

Fonte: Google Earth, 2012.

4.2 SISTEMATIZAÇÃO DAS COLETAS

Os períodos para realização das coletas foram determinados em conformidade com as médias pluviométricas históricas do município (figura 13), onde se observou os meses de agosto e outubro, sendo o primeiro o de maior estiagem média, enquanto o segundo é o de maior precipitação média. Tais definições são importantes para verificação da concentração sazonal de poluentes. Embora os meses de agosto e outubro de 2011 tenham apresentado comportamento pluviométrico diferenciado, mantiveram os planejamentos iniciais da pesquisa.

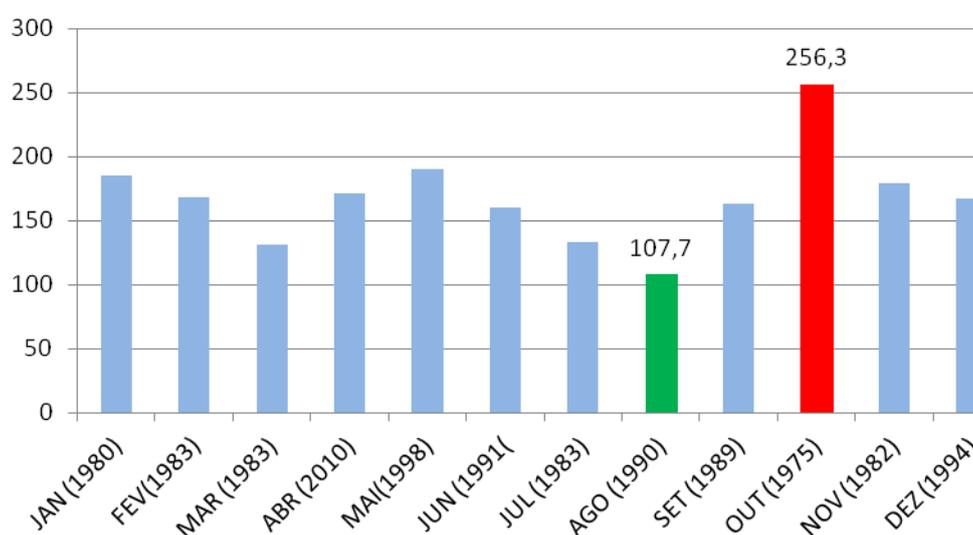


FIGURA 13 - Médias pluviométricas Históricas – Francisco Beltrão/PR – 1974/2010.

Fonte: SIMEPAR, 2010.

As coletas de água foram realizadas em distintas localizações do local proposto no canal do rio, com uma coleta central e uma próxima a cada margem, em diferentes profundidades (até 20 e até 80 cm da superfície). Na sequência elas foram agregadas em um mesmo recipiente, formando uma amostra composta, da qual foram retiradas subamostras destinadas às análises.

As amostras foram coletadas segundo metodologia proposta para cada indicador (APHA, 1998). Para as amostras destinadas a análise microbiológica, utilizou-se frascos estéreis e as amostras de oxigênio dissolvido e temperatura mediu-se no local de coleta por meio da utilização de um oxímetro portátil. O equipamento, um oxímetro “Oxygen Meter”, foi cedido pelo laboratório LGQ de Francisco Beltrão. As amostras destinadas a análise de DBO e DQO foram

coletadas em frascos âmbar, próprios para tal coleta. Para as demais análises: pH, Condutividade e turbidez, sólidos totais dissolvidos; foram coletadas subamostras em garrafas próprias para análises físico-químicas de água.

Na ocasião da coleta de amostras, realizou-se também a medida da velocidade da água com a utilização de molinete (HIDROMEC Newton 22064), para o cálculo da vazão na data da coleta, conforme descrito no item 4.5.

Após as coletas de amostras e determinações laboratoriais dos índices das variáveis que compõe o IQA, realizou-se o cálculo do índice de qualidade da água segundo metodologia proposta pela Agencia Nacional de Águas (ANA, 2005), através da utilização do programa Excel (MICROSOFT, 2007), baseado nas planilhas de cálculo do programa IQAdata 2010 (POSSELT e COSTA, 2010).

4.3 ANÁLISES DE QUALIDADE DA ÁGUA

Para as amostras de água do rio Marrecas, foram estabelecidos nove parâmetros de classificação da qualidade da água (IQA), descritos pela Agência Nacional de Águas (ANA, 2005), além de outros determinantes complementares, não utilizados no cálculo do IQA, como a demanda química de oxigênio (DQO), os sólidos totais dissolvidos (STD), a condutividade elétrica e o cálculo do Índice de estado trófico (IET).

As amostras de microbiologia, DBO, DQO, nitrogênio, fosfato e sólidos totais foram determinados pelo laboratório particular LGQ; enquanto que o pH, condutividade e turbidez foram determinadas no laboratório de Águas da UNIOESTE, campus Francisco Beltrão. Todas as amostras foram analisadas em triplicata.

4.3.1 Parâmetros que compõem o índice de qualidade da água

4.3.1.1 Oxigênio dissolvido (OD)

O oxigênio dissolvido significa a porção do gás oxigênio da atmosfera, que é transferido para o meio líquido, em maior ou menor quantidade, dependendo das condições de temperatura e pressão. Ele foi medido no local de coleta das amostras, com auxílio de oxímetro portátil (Figura 14), disponibilizado pelo laboratório LGQ. O

aparelho também realiza a medição da temperatura da água. Para sua utilização, inicialmente realiza-se a calibração do equipamento: separa-se o sensor de oxigênio do suporte de entrada do instrumento; liga-se então o aparelho e zera-o no seletor “O2/DO”. Após zerado conecta-se o seletor de oxigênio e aguarda-se cinco minutos para estabilização. Pressiona-se então “O2 cal”. Depois da calibração, altera-se o aparelho para a medição de oxigênio dissolvido no seletor “O2/DO”, passando a “DO”, faz-se então a compensação salina em “%salt” e o aparelho está pronto para ser utilizado.



FIGURA 14- Oxímetro Oxygen Meter® utilizado nas medições de Oxigênio dissolvido e temperatura

4.3.1.2 Número Mais Provável (NMP) de Coliformes termotolerantes (fecais)

As bactérias do grupo coliforme normalmente habitam o trato intestinal dos animais de sangue quente e indicam a contaminação de uma amostra de água por fezes. Salienta-se também que a maioria das doenças de veiculação hídrica tem na via fecal sua maior fonte de contaminação, pois os microrganismos eliminados pelas fezes atingem o meio aquático e podem desta forma contaminar e/ou transmitir doenças a pessoas que façam uso desta água (PEREIRA, 2010).

O protocolo utilizado no laboratório LGQ, é o descrito na IN/MAPA nº62/2003, dos tubos múltiplos (Figura 15), ou seja, número mais provável (NMP). A técnica de NMP inicia-se pela realização da prova presuntiva, baseada na “inoculação da amostra em caldo lauril sulfato de sódio, em que a presença de coliformes é evidenciada através da formação de gás nos tubos de Durhan,

produzido pela fermentação da lactose contida no meio”. A segunda etapa é a prova confirmativa para coliformes totais, onde se faz a confirmação por meio da “inoculação dos tubos positivos para a fermentação de lactose, na prova presuntiva, em caldo verde brilhante bile 2% lactose, e posterior incubação a $36 \pm 1^\circ\text{C}$ ”(BRASIL, 2003).



FIGURA 15- Técnica de diluição em tubos, série de 10 tubos, de NMP para coliformes em água.

A presença de gás nos tubos de *Durhan* do caldo verde brilhante evidencia a fermentação da lactose presente no meio. A prova confirmativa para coliformes termotolerantes e a finalização do processo e ocorre a partir dos tubos positivos obtidos na prova presuntiva, que é feita por meio da inoculação em caldo EC e incubação em temperatura seletiva de $45 \pm 0,2^\circ\text{C}$. A presença de gás nos tubos de *Durhan* evidência a fermentação da lactose presente no meio. O número de tubos positivos são contados e inseridos na tabela de NMP (Apêndice 3), na série de 10 tubos de 10ml, 1ml e 0,1ml, para determinação final do número mais provável de microrganismos presentes na amostra (BRASIL, 2003).

4.3.1.3 Determinação de pH

O pH é o indicador utilizado para determinar o balanço entre ácidos e bases, através da concentração de hidrogênio no meio. No caso das águas superficiais, valores de pH muito básicos (>8,0) podem solubilizar agentes tóxicos, como amônia, metais pesados, sais de carbonato, entre outros. Assim como valores muito baixos (>6,0) tornam a água ácida e interferem nas concentrações de dióxido de carbono, ácido carbônico, entre outros (MEDEIROS et al. 2006).

A determinação do pH das amostras foi realizada no laboratório de Águas da UNIOESTE, com auxílio de phmetro portátil (Figura 16), onde primeiramente realizou-se a calibração do equipamento com soluções padrão pH 4 e pH 7, para posteriormente estabilização do mesmo e uso.



FIGURA 16- Phmetro LUTRON®PH-221 utilizado na medição de pH.

4.3.1.4 Demanda bioquímica de oxigênio - DBO_5^{20}

Tal variável tem por objetivo principal, determinar a quantidade de oxigênio que é necessária para oxidar a carga de matéria orgânica presente, indicando as condições de oxigenação do corpo hídrico e o aporte de matéria orgânica presente no mesmo. Ou seja, quanto maior a DBO, menor o poder de depuração (MEDEIROS et al. 2006).

O Protocolo de análise utilizado pelo laboratório LGQ LTDA, foi a de diluição e incubação a 20°C por 5 dias, segundo *Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater* (APHA, 21th Edit, 2007), na qual se simula em laboratório o

consumo de oxigênio que um volume padronizado de esgoto ou outro líquido exerce em um período de tempo pré-fixado. Inicialmente satura-se de O_2 uma amostra de água deionizada e estabiliza-se seu pH, para então utiliza-la na diluição da semente (introdução de um inóculo contendo microrganismos para que seja dado início ao processo de degradação). Realizam-se diluições da amostra, baseadas nos resultados da DQO e insere-se a semente. Mede-se o oxigênio dissolvido no início (Figura 17) e no final de cinco dias, onde as amostras permanecem em estufa própria a 20°C.



FIGURA 17- Técnica de realização de DBO em amostras de água – verificação da taxa de oxigênio dissolvido inicial.

4.3.1.5 Nitrogênio total

O nitrogênio, gás mais abundante na atmosfera terrestre (78%), pode ser encontrado nos corpos d'água em função do seu estado de oxidação sob diversas formas (LIBÂNIO, 2005).

O protocolo utilizado pelo LGQ laboratório LTDA foi o do nitrogênio total *Kjeldahl*, segundo *Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater* (APHA, 21th Edit, 2007), onde se realiza a digestão da amostra em meio ácido a 450°C e após a reação colorimétrica, com posterior leitura de comprimento de onda

em espectrofotômetro a 450nm, se insere o resultado em curva padrão, estabelecida pelo laboratório, para obtenção do resultado final.

4.3.1.6 Fósforo total

O fósforo é um elemento que se apresenta na estrutura molecular de vários compostos, como os fosfatos que são a principal fonte de fósforo nas águas naturais ou nos efluentes domésticos e industriais. Classificados como ortofosfatos, fosfatos condensados (piro-, meta- e outros polifosfatos) e fosfatos orgânicos. As formas podem estar solubilizadas, em partículas, ou em corpos de organismos aquáticos. O fósforo, na água, apresenta-se principalmente na forma de ortofosfatos, que estão diretamente disponíveis para o metabolismo biológico sem necessidade de conversões a formas mais simples. Dentre os principais ortofosfatos tem-se: PO_4^{2-} , HPO_4^{2-} , H_2PO_4^- e H_3PO_4 (MEDEIROS et al. 2006).

O laboratório LGQ LTDA utilizou a metodologia espectrofotométrica, em comprimento de onda de 415nm, segundo *Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater* (APHA, 21th Edit, 2007). Esteves (1998) cita que nas águas naturais, as concentrações de fósforo apresentam-se na faixa de 0,01 a 0,05mg/L P. O protocolo usado descreve inicialmente a digestão da amostra a 105°C por uma hora, depois adicionar uma solução desenvolvedora de cor e realizar a leitura em espectrofotômetro em comprimento de onda de 700nm ou 880nm. Finaliza-se inserindo o resultado em curva padrão estabelecida pelo laboratório para obtenção do resultado final.

4.3.1.7 Turbidez

A turbidez foi determinada com auxílio de turbidímetro TECNAL® TB-1000 (Figura 18), no laboratório de Águas da UNIOESTE, onde inicialmente realizou-se a calibração do equipamento com as soluções padrão de turbidez zero a 1000NTU e posterior análise da amostra.

A metodologia de tal análise se baseia na medida da redução da transmissão de luz em um meio, causada pela formação de partículas, sendo um [sistema ótico](#) que mede a [absorbância](#) de um raio luminoso que atravessa uma suspensão. Tal absorbância será maior ou menor, dependendo da concentração do espécime analisado e do tamanho da partícula.



FIGURA 18- Turbidímetro TECNAL® TB1000, usado na determinação da turbidez nas amostras de água.

4.3.1.8 Sólidos totais

A origem dos sólidos é em sua maioria das impurezas presentes na água, com exceção dos gases dissolvidos, sendo que todas as partículas presentes em suspensão ou em solução, sedimentáveis ou não, orgânicas ou minerais, são caracterizadas como sólidos. Podem derivar de lançamento de resíduos, revolvimento do fundo ou das margens do rio e também por carreamento de partículas pela chuva (MEDEIROS et al. 2006). A determinação da quantidade total de sólidos presentes em uma amostra é chamada de sólidos totais, ou seja, os resíduos de material que permanecem no recipiente após a evaporação (Figura 19) e subsequente secagem em estufa (103°C/105°C) de uma amostra, até peso constante, conforme metodologia APHA (2007).



FIGURA 19- Processo de evaporação da água na determinação dos sólidos totais.

4.3.1.9 Temperatura de desvio

A temperatura da água do rio Marrecas foi verificada no momento das coletas das amostras de água, com auxílio do oxímetro portátil *Oxigen Meter*®, cedido pelo LGQ laboratório LTDA, para conhecimento dos valores da mesma, pois a CONAMA 357 de 2005 estabelece uma faixa de 0°C a 30°C como dentro da normalidade a temperatura da água.

4.3.2 Parâmetros complementares para o monitoramento da qualidade da água

Para um adequado monitoramento de qualidade da água do rio Marrecas, observou-se a necessidade de se pesquisar parâmetros extras aos determinados no IQA (não utilizados no cálculo do IQA); como a demanda química de oxigênio (DQO), os sólidos totais dissolvidos (STD), a condutividade, o índice de estado trófico (IET), a medição da vazão e a avaliação do poder de depuração deste rio.

4.3.2.1 Demanda química de oxigênio (DQO)

Para a determinação da DQO, o LGQ laboratório utilizou o protocolo de reação colorimétrica de oxidação com dicromato de potássio (APHA, 2007), onde a oxidação da matéria orgânica se dá através do método de digestão do dicromato, em meio fortemente ácido e elevada temperatura (Figura 20) na presença de um catalisador (o sulfato de prata).



FIGURA 20- Digestor de alta temperatura para determinação de DQO

É usado o dicromato de potássio (cromo na forma de Cr^{6+}) devido a sua forte capacidade oxidante, facilidade de manipulação e aplicabilidade, além de ser um padrão primário. A utilização de um catalisador, como o sulfato de prata, é necessária para tornar possível a oxidação de compostos alifáticos de cadeia reta.

Após a oxidação da matéria orgânica presente, a DQO é obtida diretamente ($\text{mg.O}_2/\text{L}$) por leitura em espectrofotômetro, e posterior correlação do valor em curva padrão.

A mensuração da DQO descreve indiretamente a carga de matéria orgânica de um rio, efluente, etc., mas não a difere quanto à biodegradabilidade. Fator este que, geralmente deriva, em resultados de taxas mais elevadas do que as de DBO, que medem só a porção biodegradável de uma amostra.

Parâmetro importante na avaliação da relação DQO/DBO e na diferenciação do quanto tal matéria orgânica é ou não biodegradável. Para uma relação DQO/DBO menor de 2,5 observa-se grande poder biodegradável e valores acima de 5,0 subentende-se pouca biodegradabilidade da amostra (DEZOTTI et al. 2008).

A relação DQO/DBO é a divisão do valor de DBO pelo valor de DQO obtido nas análises laboratoriais.

De acordo com SILVA e MENDONÇA (2003), quando a relação for de DBO/DQO, a média para o esgoto bruto em estações de tratamento de efluentes de águas residuais de origem doméstica varia de 0,45 a 0,50, enquanto que para efluente de lagoas facultativas varia de 0,18 a 0,26. Assim sendo, valores de relação próximos a 0,5 indicam aporte de matéria orgânica com grande parcela de difícil degradação biológica e quando na faixa de 0,8 correspondem a uma predominância de material biodegradável.

4.3.2.2 Sólidos totais dissolvidos (STD)

Basicamente tal determinação visa avaliar a quantidade de sais dissolvidos na amostra, como por exemplo, os sais de magnésio, de sódio, de cloreto e /ou sulfato. Derivam de fontes difusas como esgotos domésticos, rotações de culturas, mineração, etc. (MEDEIROS, et al.2006).

Utilizou-se o aparelho condutivímetro TECNAL® TB-1000, do laboratório de águas da UNIOESTE para tal determinação, que se inicia pelo processo de escolha de análise (STD ou Condutividade) e posterior calibração do equipamento, lavando a

célula de análise com água destilada, enxugando-a com papel absorvente macio. Mergulha-se a célula e o sensor de temperatura na solução padrão e aguarda-se que a leitura se estabilize, pressionando a tecla Cal (tecla C). Após estabilização, lava-se a célula com água destilada, seca-se com papel toalha e procede-se à leitura da amostra.

4.3.2.3 Condutividade elétrica

A condutividade elétrica consiste na capacidade do meio líquido em conduzir corrente elétrica, devido aos íons dissolvidos que são dependentes da área de drenagem dos efluentes, da geologia e do regime pluviométrico (MACEDO, 2006).

Tal análise foi determinada por aparelho condutivímetro TECNAL® TEC-4MP (Figura 21), do laboratório de Águas na UNIOESTE. Para seu funcionamento, opta-se inicialmente pela análise de “condutividade” na tela inicial e se procede a calibração, conforme descrito no item 4.3.2.2; lembrando que a condutividade tem seu padrão estabelecido a 25°C, pois sofre interferência direta da temperatura e também do pH (ESTEVEZ, 1998).



FIGURA 21- Condutivímetro TECNAL® TEC 4MP

4.4 ÍNDICE DE ESTADO TRÓFICO (IET)

O Índice do Estado Trófico (IET) tem por finalidade classificar corpos d'água em diferentes graus de trofia e avalia a qualidade da água quanto ao enriquecimento por nutrientes e seu efeito no crescimento excessivo das algas ou ao aumento da infestação de macrófitas aquáticas.

Para o cálculo do IET dos distintos locais de monitoramento do rio Marrecas, utilizou-se o índice de estado trófico adotado pela CETESB, que é o introduzido por Carlson (1977) e modificado por Toledo (1990), este índice não considera normalmente, na estimativa de estado de trofia, o cálculo do índice de transparência, devido a tal variável ser afetada pela turbidez decorrente de materiais em suspensão, comum em corpos de água de regime lótico.

No caso de não haver resultados de clorofila "a", considera-se apenas a variável "fósforo total" e utiliza-se a Equação 1 (TOLEDO Jr. 1990), como é a condição do presente trabalho, devido à existência de trechos com alta correnteza, turbidez e concentração de material em suspensão, o que dificulta a análise confiável da clorofila "a". Nesse índice, os resultados correspondentes ao fósforo, são entendidos como uma medida do potencial de eutrofização, já que esse nutriente atua como agente causador do processo.

De acordo com os diferentes valores de IET, as águas podem ser classificadas como: ultraoligotrófica, oligotrófica, mesotrófica, eutrófica, supereutrófica e hipereutrófica, para as quais são dados valores de classes de IET.

4.5 VAZÃO

A determinação da vazão em cursos d'água é fundamental para o estudo de inúmeras aplicações, onde em alguns casos se tem a necessidade de conhecer a vazão máxima (projetos de pontes, drenagens, controle de enchentes...), e em outros a mínima (abastecimento de água, controle de poluentes, geração de energia...) (CORREA, 2007).

Inicialmente foi realizado um reconhecimento da área a ser pesquisada, por meio de visitas e travessia do rio (sítio urbano) com barco a remo (Figura 22).

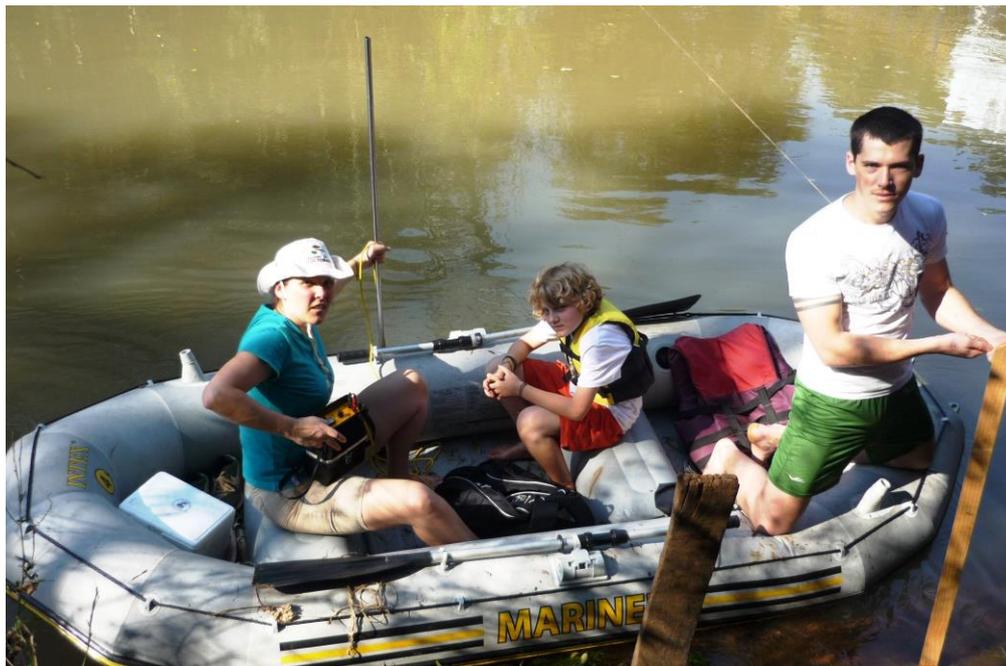


FIGURA 22- Medição da velocidade da água com molinete e coleta de amostras, com uso de bote inflável.

O cálculo de vazão se deu através da utilização da medida da área da seção transversal do curso d'água multiplicado pela velocidade média do fluxo, segundo PORTO, FILHO e SILVA (2001).

A área da seção transversal do rio foi medida com uso de régua, metro de madeira e clinômetro *CST Corporation®*, a cada dois metros de distancia em toda área de abrangência do rio.

Através do levantamento das coordenadas geográficas dos locais (em UTM), com GPS *Garmin Etrex®*, e das medidas das seções transversais, obtiveram-se no Excel (MICROSOFT, 2007) os perfis transversais (Figuras 23, 24 e 25) dos três locais de monitoramento, para uso posterior nos cálculos de vazão.



FIGURA 23- Seção transversal da área à montante do perímetro urbano -Coordenada geográfica: 26 04'52.74"S / 53 04'30.35"O / (UTM: 0292522 N ; 7113635 E).

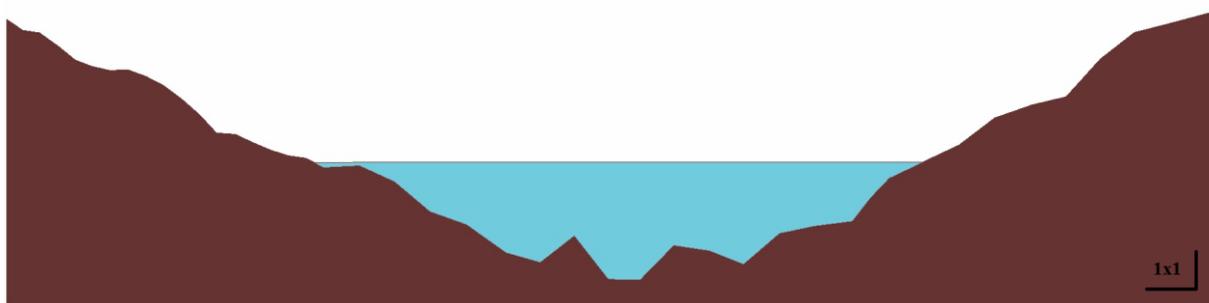


FIGURA 24- Seção transversal da área à jusante do perímetro urbano – Coordenada geográfica: 26 03'14.55"S / 53 02'48. 87"O / (UTM: 0295264 N; 7116740 E).

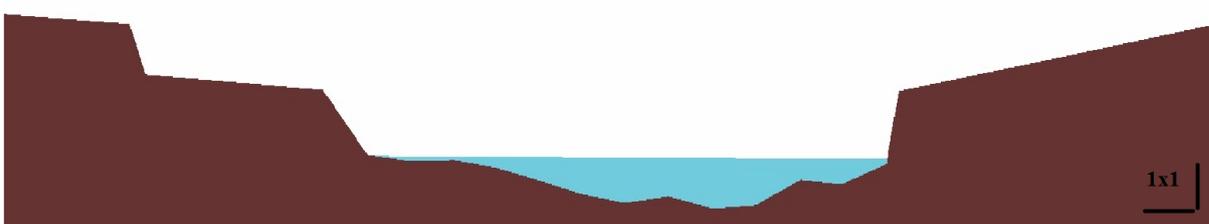


FIGURA 25- Seção transversal da área próxima a fóz – Coordenada geográfica: 25 57'29.71"S / 52 56'15. 88"O / (UTM: 0295252,39 N; 7116757 E).

As medidas de velocidade de fluxo de água nos locais de coleta foram realizadas com auxílio de um Molinete Fluviométrico Universal de *Newton*, da marca HIDROMEC do Laboratório de Análise Ambiental da UNIOESTE (Figura 26). Que descreve de acordo com o Certificado de Calibração nº 343-550-1-2007, que a medida de velocidade de fluxo da água deve ser calculada, através da equação do equipamento:

$$V = a.n + b$$

Onde:

a e b = características do aparelho

n = frequência da hélice (rotações.s⁻¹)

V = velocidade do fluxo de água (m.s⁻¹)

O valor final da velocidade da água na seção se deu através da média aritmética das medições de velocidade (RPS), até 20% e até 80% de profundidade a partir da superfície, em cada vertical da seção.

As distâncias entre as verticais foram determinadas dependendo da largura da seção (PORTO, FILHO e SILVA, 2001).



FIGURA 26- Molinete Fluviométrico Universal de Newton.

O certificado de calibração do equipamento descreve o uso de duas equações para obtenção dos valores de velocidade através das rotações por segundo (RPS): A equação 1, que deve ser usada em casos onde as rotações médias são menores ou iguais a 0,6822 giros por segundo; e a equação 2 quando as rotações médias forem maiores que 0,6822 giros por segundo.

Equação 01: $V = 0,25948617 \cdot n + 0,00638269$

Válida para $n \leq 0,6822$ (rotações médias menores ou iguais a 0,6822 giros por segundo)

Equação 02: $V = 0,28762568 \cdot n - 0,01281336$

Válida para $n > 0,6822$ (rotações médias maiores que 0,6822 giros por segundo).

Através dos dados da medição da seção transversal dos locais de monitoramento, obtiveram-se os valores da extensão da área molhada para fins de cálculo de vazão. A cada determinação do fluxo da água, realizada através do uso do molinete, determinava-se também o nível da água. Na área à montante do perímetro urbano (ponto 1), utilizaram-se as medidas da régua da SANEPAR (Figura 27) e nos demais a mediação do nível da água se deu pela diferença da altura da água até as pontes existentes nos locais.



FIGURA 27- Régua de medição do nível de água da SANEPAR, no local de monitoramento à montante do perímetro urbano.

A vazão média foi calculada com auxílio do programa Excel (MICROSOFT, 2007), para os três locais de coleta de amostras pré-estabelecidos. Onde foram verificados a velocidade do fluxo e o nível da lâmina de água (Figura 28) no momento de cada coleta de água para as análises de IQA e parâmetros complementares.



FIGURA 28-Medição da velocidade da água com molinete e coleta de amostras, com uso de macacão impermeável.

4.6 PODER DE DEPURAÇÃO OU AUTODEPURAÇÃO

Avaliou-se o poder de depuração do rio Marrecas através dos resultados das análises realizadas à montante (ponto 1) e a jusante do perímetro urbano (ponto 2) e próximo a foz com o rio Santana (ponto 3), na qual se calculou o aumento ou diminuição das taxas encontradas. As análises verificadas foram as médias de DBO, DQO e OD, nos períodos de agosto e outubro de 2011, em relação à vazão média do período.

4.7 TRATAMENTO ESTATÍSTICO DOS DADOS

Os resultados obtidos através das análises laboratoriais das amostras de água coletadas nos três locais de monitoramento pré-determinados na pesquisa, foram submetidos à testes estatísticos de coerência, através do programa EXCEL (MICROSOFT, 2007). Primeiramente determinou-se a média aritmética, o desvio padrão para medir a dispersão e/ou variabilidade dos dados e o coeficiente de variação, para verificar o grau de concentração dos dados em torno da média em cada variável, ou seja, quanto menor o coeficiente de variação maior a representatividade da média, que quando apresenta valores abaixo de 40%, demonstra homogeneidade dos dados (TIOLA, 2009; POCINHO, 2010).

Os resultados passaram também por uma avaliação em outros testes estatísticos, como:

- Teste de análise de variância (ANOVA) - Verificação da coerência dos valores coletados. Porquanto, uma análise de [variância](#) visa fundamentalmente verificar se existe uma [diferença significativa](#) entre as médias e se os fatores exercem influência em alguma variável dependente (TIOLA, 1999). A análise de variância foi também utilizada nos testes de recuperação, onde se verificou se a variável resposta atendia ao pressuposto da análise de variância que é o teste de homogeneidade de variâncias de Levene.
- Teste de *Tukey* - Comparações múltiplas e nível de significância de (α) 5%. Onde o teste permite estabelecer a diferença mínima significante, ou seja, a menor diferença de médias de amostras que deve ser tomada como estatisticamente significante, em determinado nível (POCINHO, 2010).
- Teste de normalidade de *kolmogorov-smirnov* (KS) – Verificação da tendência das variáveis a distribuição normal. Tal teste é usado para determinar se duas

distribuições de probabilidade subjacentes diferem uma da outra ou se uma das distribuições de probabilidade subjacentes difere da distribuição em hipótese (TIOLA, 1999). Considerando-se que testes paramétricos calculam as diferenças numéricas exatas entre os resultados e os não paramétricos apenas consideram se certos resultados são superiores ou inferiores a outros resultados (POCINHO, 2010).

- Teste *t* - Consiste em usar os dados da amostra para calcular a estatística *t* e depois compará-la com a distribuição *t de student* para identificar a probabilidade de se ter obtido o resultado observado, caso a hipótese nula seja verdadeira (TIOLA, 1999).

- Teste de *Kruskal-Wallis* e o teste U de *Mann-Whitney* - Para verificar se houve diferença significativa entre os resultados foi realizado o teste não paramétrico de *Kruskal-Wallis* e o teste U de *Mann-Whitney*, uma vez que variância é uma medida de dispersão estatística, que indica a distância que os valores se encontram do valor esperado. O teste *Kruskal-Wallis* faz uma análise da variância dos dados (POCINHO, 2010).

5 APRESENTAÇÃO E INTERPRETAÇÃO DOS RESULTADOS

Com as coletas de amostras nos três locais de monitoramento do rio Marrecas no período de agosto e outubro de 2011, realizou-se a determinação laboratorial dos nove parâmetros de classificação de qualidade da água (IQA), descritos pela Agência Nacional de Águas (ANA, 2005); além de outros determinantes complementares como a demanda química de oxigênio (DQO), os sólidos totais dissolvidos (STD), a condutividade elétrica e o cálculo do Índice de estado trófico (IET). A vazão foi verificada e também se discutiu a precipitação do período. Os resultados obtidos são apresentados e discutidos em tópicos a seguir.

Para uma adequada análise dos resultados da pesquisa, primeiramente os mesmos foram analisados estatisticamente. Assim, verificou-se se os dados tenderam a distribuição normal, utilizando-se o teste de Kolmogorov-Smirnov, que para as amostras do mês de agosto, retratou distribuições que tenderam a distribuição normal para as variáveis DQO (pvalor<0,997), DBO (pvalor<0,937), nitrogênio total (pvalor<0,534), fósforo total (pvalor<0,393), sólidos totais (pvalor<0,798), oxigênio dissolvido (pvalor<0,894), pH (pvalor<0,673), temperatura (pvalor<0,859), turbidez (pvalor<0,105), coliformes termotolerantes (pvalor<0,561).

No entanto as variáveis condutividade (pvalor<0,034) e sólidos totais dissolvidos (pvalor<0,034) não apresentaram distribuição tendendo a normal no período.

Para o mês outubro, as variáveis DQO (pvalor<0,630), DBO (pvalor<0,593), oxigênio dissolvido (pvalor<0,488), pH (pvalor<0,933), temperatura (pvalor<0,195), turbidez (pvalor<0,316), coliformes termotolerantes (pvalor<0,845), apresentaram distribuições tendendo a distribuição normal e as variáveis nitrogênio total (pvalor<0,007), fósforo total (pvalor<0,012) e sólidos totais (pvalor<0,045) não apresentaram distribuição tendendo a normal.

Em relação aos resultados obtidos nos três locais de monitoramento, em função da distribuição dos dados e utilizando-se o teste de normalidade de *kolmogorov-smirnov*, concluiu-se que todas as variáveis apresentaram dados tendendo a distribuição normal.

Para as variáveis que os dados tendem a distribuição normal foram utilizados os testes paramétricos de análise de variância para testar a diferença

entre os três locais e o teste t de *student* para testar a diferença entre os dois tempos (agosto e outubro).

Para as variáveis que os dados não tendem a distribuição normal foram utilizados os testes não paramétricos de *kruskal-wallis* para testar a diferença entre os resultados nos três locais de monitoramento e o teste U de *Mann-whitney* para testar a diferença entre os dois momentos.

Para realizar a análise de variância devem-se aceitar dois pressupostos: o teste de normalidade dos dados e o teste de homogeneidade de variâncias. Para todas as variáveis, não foi rejeitada a hipótese de não homogeneidade de variância através do teste de Levene.

Quanto a análise de variância, apenas a variável coliformes termotolerantes ($p\text{valor} < 0,006$) apresentou diferença significativa entre pelo menos dois locais de monitoramento (à montante e à jusante do perímetro urbano). Onde se utilizou a análise comparativa entre os locais, através do teste de comparações múltiplas de Tukey, que veio a demonstrar que médias seguidas de mesma letra não se diferem significativamente.

5.1 ANÁLISES DE QUALIDADE DA AGUA

5.1.1 Oxigênio dissolvido (OD)

A média geral dos três locais de monitoramento de qualidade das águas no rio Marrecas ficou em torno de 7mg/L de oxigênio dissolvido (Figura 29).

No local à montante do perímetro urbano (ponto 1) a média foi de $7,85 \pm 0,25$ mg/L em agosto e $7,27 \pm 0,05$ mg/L em outubro, com coeficiente de variação de 0,03% e 0,006% respectivamente.

Já à jusante do perímetro urbano (ponto 2), a média foi de $7,8 \pm 0,49$ mg/L em agosto e $7,4 \pm 0,50$ mg/L em outubro, com coeficiente de variação de 0,06% em ambos. Próximo à foz com o rio Santana (ponto 3) a média ficou em $7,4 \pm 0,37$ mg/L em agosto e $7,2 \pm 0,46$ mg/L em outubro, com coeficiente de variação de 0,05% e 0,06% respectivamente.

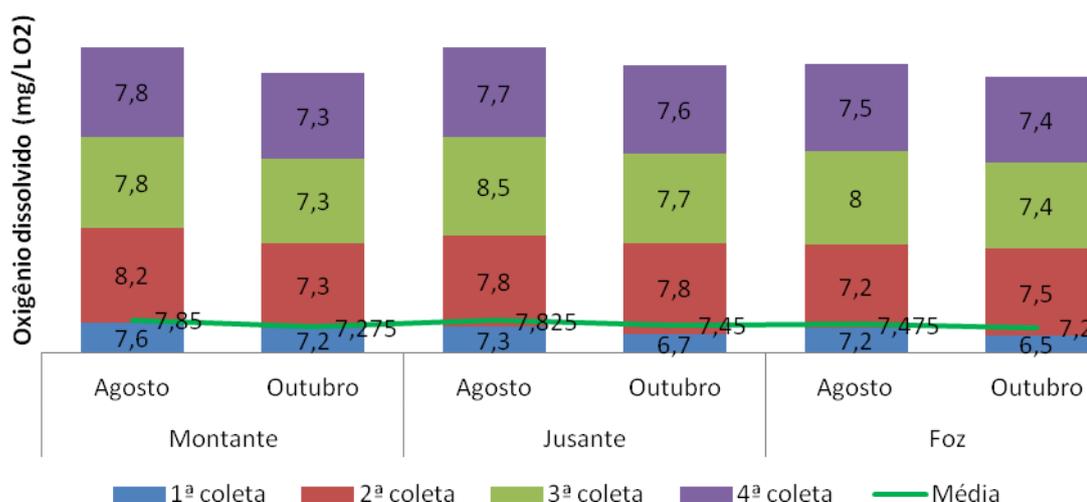


FIGURA 29-Taxas de oxigênio dissolvido encontrados nos três locais de monitoramento do Rio Marrecas– Francisco Beltrão, nos meses de agosto e outubro de 2011, com destaque às médias mensais obtidas.

Machado (2006), em estudo na bacia do rio Pato Branco, encontrou valores médios de oxigênio dissolvido entre 7,7 mg/L e 8,3 mg/L, com baixa variabilidade dos dados nas diferentes estações de monitoramento, semelhantes aos dados obtidos neste trabalho de pesquisa e concluiu que os resultados obtidos quanto a variável oxigênio dissolvido, demonstrou uma normalidade em relação ao valor mínimo estipulados para rios de Classe 2, que devem ter OD acima de 5mg/LO² (CONAMA 357, 2005).

5.1.2 Número mais provável de coliformes termotolerantes (NMP)

Os valores encontrados nas análises microbiológicas, se comparados entre os distintos locais de coleta, demonstraram uma distribuição assimétrica, onde o local à montante (ponto 1) manteve um melhor padrão de qualidade microbiológica em comparação aos demais (Figura 30).

À montante (ponto 1) descreve-se uma média de 165 ± 135 NMP/100 mL, com coeficiente de variação de 0,82% no mês de agosto e 448 ± 506 NMP/100 mL em outubro, com coeficiente de variação de 1,13%, sendo que neste último mês a média sofre influência de um episódio isolado de coliformes acima do limite máximo, ocorrido na primeira coleta de outubro. Um alto coeficiente de variação, que demonstrou médias bastante diferentes entre as coletas; fator comprovado também pelo alto desvio padrão entre os resultados.

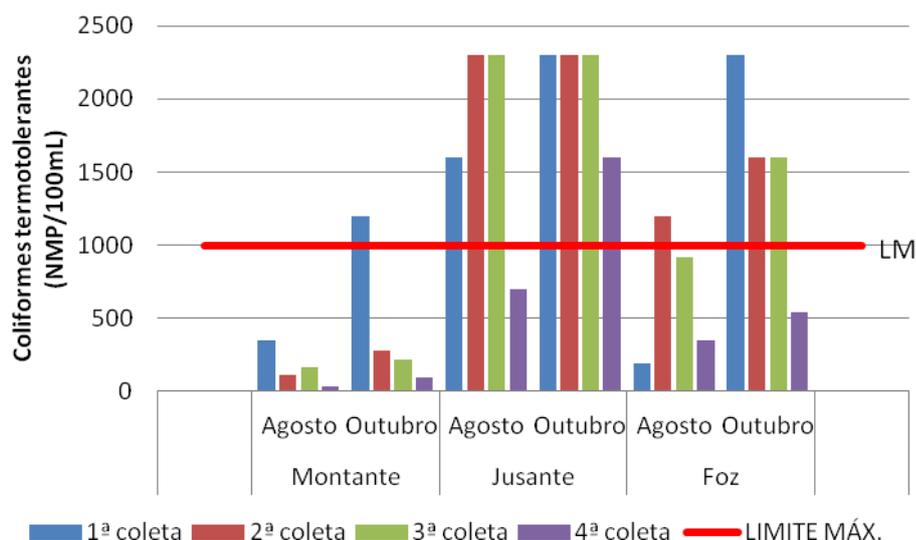


FIGURA 30- Resultados de Coliformes termotolerantes nos meses de agosto e outubro nos três locais de monitoramento do Rio Marrecas – Francisco Beltrão

À jusante (ponto 2) os valores de coliformes termotolerantes são bem maiores e ficaram fora do limite máximo em 75% dos casos no mês de agosto e 100% no mês de outubro, aonde chegou a apresentar ocorrência de nível incontável de coliformes pela técnica de NMP, descrita como maior que 2300NMP/100 ml.

Os laudos dos resultados das amostras à jusante (ponto 2) fazem referência singular à ocorrência de odor fétido nas mesmas, sendo isso prejudicial tanto como característica estética, de abastecimento humano, recreação e também para a saúde (problemas respiratórios). É sabido que o que confere odor ou sabor à água são subprodutos originados da decomposição da matéria orgânica, da atividade biológica de microrganismos ou ainda fontes industriais de poluição. A detecção do odor e a sua quantificação são difíceis e dependem muito do olfato humano e, esta sensibilidade varia de pessoa para pessoa e tende a diminuir com a constante exposição.

No mês de agosto, na área próxima à foz (ponto 3), em apenas uma das coletas o índice de coliformes apresentou-se aumentado (2ª coleta = 1200NMP/100 ml), onde 75% das amostras ficaram dentro do valor máximo estabelecido de 1000 NMP/100 ml para rios de classe 2 (CONAMA 357, 2005). A média de coliformes termotolerantes desta área de monitoramento em agosto foi de 665 ± 474 NMP/100 ml, com coeficiente de variação de 0,71%. Em outubro a média foi de $1246,6 \pm 611$ NMP/100 ml, com coeficiente de variação de 0,49%. Ao contrário de agosto, onde

75% das amostras apresentaram-se fora do limite máximo estabelecido (1000NMP/100 ml); ressaltando-se ainda que a amostra derivada da primeira coleta deste mês apresentou número incontável de coliformes termotolerantes (>2300NMP/100 ml).

Os rios de Classe 2 devem ter concentrações máximas de coliformes termotolerantes de 1000 NMP/100ml (CONAMA 357, 2005). Assim, considerando-se o rio Marrecas como um rio classe 2, observou-se que á jusante (ponto 2) em apenas um episódio de monitoramento este limite foi extrapolado (03.10.2011), onde alcançou 1200 NMP/100 ml. Embora neste período a pluviosidade tenha sido de 21mm de chuva e a vazão ficar em 8,3m³/s (item 5.5), não se confirma a correlação no aumento da concentração de matéria orgânica quando o rio apresenta uma vazão baixa, pois tal local apresenta característica de aporte ocasional de poluentes por fontes difusas.

Nesta análise correlativa entre vazão e a taxa de coliformes, verificou-se que em alguns casos a vazão influencia nos índices dos poluentes, como no monitoramento à jusante (ponto 2), onde ocorrem períodos em que quando o rio apresenta uma menor vazão, aumenta a concentração de matéria orgânica e outros em que quando ele apresenta uma maior vazão, esta carga de matéria orgânica é diluída (correlação negativa). Em outros pontos, ocorreu de quando a vazão se apresentar maior, os coliformes também aumentarem e vice versa (correlação positiva). Tal fato pode ser decorrente do tipo de aporte de poluentes existentes no local ou proximidades e serem derivados de fontes pontuais como esgotos domésticos, oriundos dos bairros próximos ou de fontes difusas como o carreamento de poluentes pelas águas superficiais ou indústrias.

Em outros casos a vazão não apresentou relação direta com os índices de coliformes, como à montante (ponto 1), em que a correlação linear positiva foi extremamente baixa ($r^2=0,0097$). Recordar-se que o mesmo localiza-se posteriormente a uma região de criação de animais como suínos, bovinos, caprinos e aves; próximo a área urbana do bairro Marrecas e também de algumas indústrias, características de aportes ocasionais de matéria orgânica de fonte difusa (Figura 31).

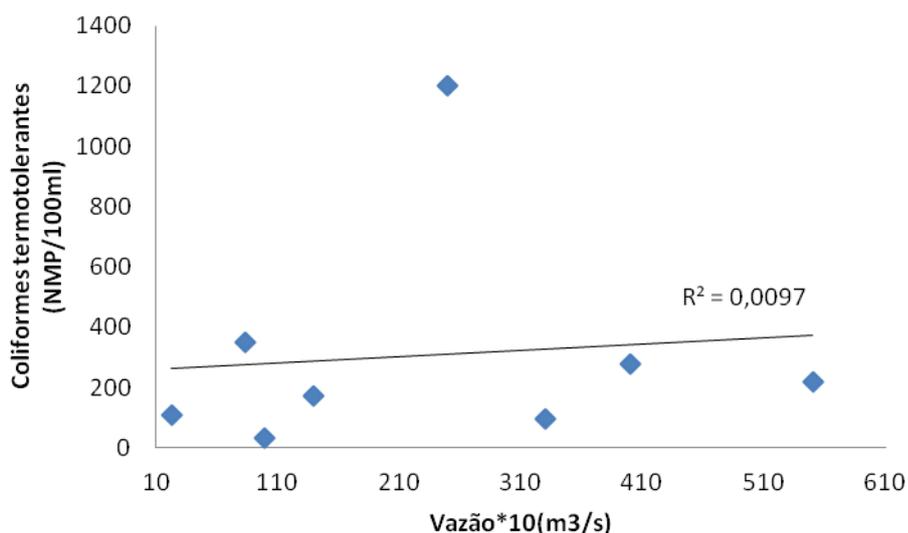


FIGURA 31- Correlação entre a vazão e os índices de Coliformes termotolerantes no local de monitoramento à montante do perímetro urbano

Como já citado por Branco (1993), as bactérias do grupo dos coliformes são em tão grande número, que chegam a formar a maior parte do volume fecal (apesar de microscópicos), pois cada humano adulto expele diariamente, aproximadamente 50 a 400 bilhões de bactérias coliformes. Vale lembrar que esse tipo de bactéria não se reproduz nas águas, só no intestino, e sua presença indica obrigatoriamente a presença da matéria intestinal.

Ao comparar os resultados de vazão e coliformes termotolerantes do monitoramento à jusante do perímetro urbano (ponto 2) observa-se uma correlação positiva (Figura 32), embora pequena ($r^2=0,2113$). Salienta-se que houve períodos em que a vazão apresentou-se aumentada ($60,6\text{m}^3/\text{s}$) e os índices de coliformes foram altos ($2.300\text{NMP}/100\text{ml}$), assim como quando a vazão esteve em baixa ($26,5\text{m}^3/\text{s}$), os coliformes mantiveram-se em alta ($1600\text{NMP}/100\text{ml}$), acima do padrão máximo estipulado pela CONAMA 357/2005 de $1000\text{NMP}/100\text{ml}$, e retrata uma situação de aporte contínuo de matéria orgânica no local, de fonte pontual como os esgotos domésticos e a liberação de efluentes da estação de tratamento de esgotos da SANEPAR. Onde a vazão realmente não influencia muito em tais concentrações de matéria orgânica.

Este aporte regular de matéria orgânica pode ser devido a tal local ser na saída da área urbana da cidade, local teoricamente propício ao despejo de esgotos domésticos, ricos em matéria orgânica e bactérias do grupo coliformes; e mesmo

que a vazão aumente ou diminua, como este aporte é constante, os índices não sofrem grandes alterações quanto à depuração destas taxas.

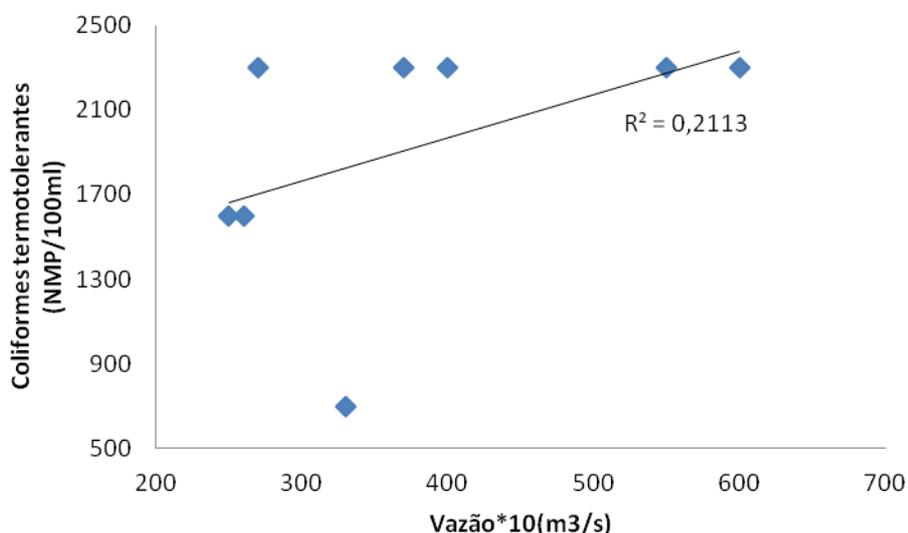


FIGURA 32- Correlação entre a vazão e os índices de Coliformes termotolerantes no local de monitoramento à jusante do perímetro urbano.

Na área próxima a foz (ponto 3) (Figura 33), observa-se que a correlação positiva entre vazão e taxas de coliformes termotolerantes é baixa ($r^2=0,0044$), assim como ocorrido à montante do perímetro urbano (ponto 1).

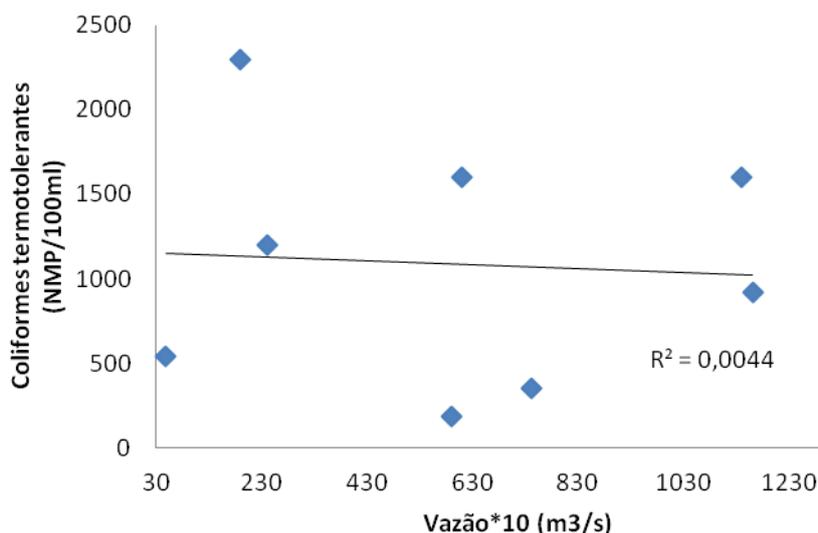


FIGURA 33- Correlação entre a vazão e os índices de Coliformes termotolerantes no local de monitoramento próximo a foz com o rio Santana.

A diferença deste local com o anterior (jusante do perímetro urbano), é que ele demonstra sofrer certa influência da precipitação, que deriva em carreamento de poluentes de fontes difusas como agricultura, pecuária, aviários e outros

encontrados nesta área estritamente rural, o que caracteriza um aporte ocasional. Sendo que o corpo hídrico sofre influências diretas da pluviosidade, muitas vezes não expressa claramente pela vazão, pois este rio apresenta um rápido escoamento das águas das chuvas.

Para exemplificar tal teoria, destaca-se o índice elevado de coliformes na primeira coleta de outubro (>2300 NMP/100 ml), que apresentou uma vazão razoavelmente baixa ($19\text{m}^3/\text{s}$) e uma precipitação de 61 mm nos cinco dias anteriores a coleta da amostra.

5.1.3 Determinação de pH (Potencial Hidrogeniônico)

A faixa de normalidade do pH de águas de rios classe 2 deve ficar entre 6 e 9 unidades de pH (CONAMA 357, 2005). A faixa observada nos valores encontrados no monitoramento realizado no Rio Marrecas se apresentou dentro de tais padrões. Dentro do contexto de que um pH superior a 8,5, já deriva em alterações na palatabilidade da água e torna seu gosto diferente do habitual, um pH superior a 11, é bem mais prejudicial e causa desde irritação nos olhos até doenças de pele. Mas um pH baixo (ácido), num o intervalo de 3,5 a 4,5 também é nocivo a um corpo de água, pois primeiramente afeta a reprodução dos peixes (MACEDO, 2006).

Ambas as situações extremas não foram encontradas nos locais de monitoramento do rio Marrecas durante o período desta pesquisa. Os valores de pH dos três locais de monitoramento, nos meses de agosto e outubro de 2011, obtiveram média geral de $6,9 \pm 0,6$ com coeficiente de variação de 0,09%, dentro da faixa de normalidade.

Observado também que com a temperatura da água mais alta no mês de outubro, o pH também aumentou (Figura 34). Segundo o princípio de *Le Châtelier*, onde se descreve que quando as condições de uma reação, que se encontra em equilíbrio, são alteradas, esta evoluirá no sentido de contrariar essas alterações; quando se eleva a temperatura da água, o equilíbrio evoluirá de forma a diminuir a temperatura (absorvendo a energia do meio exterior). Derivando em uma reação endotérmica que faz o pH da água diminuir com a diminuição da temperatura e vice-versa (MACEDO, 2006).

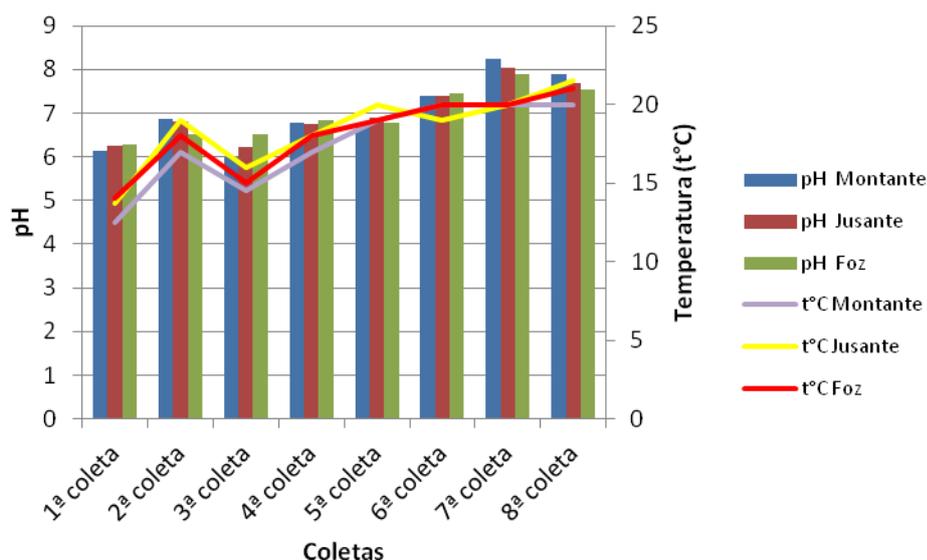


FIGURA 34- Relação entre o pH da água e sua temperatura nos locais de monitoramento do rio Marrecas em agosto e outubro de 2011.

Observa-se que a área à montante do perímetro urbano (ponto 1) apresentou uma média de $7,0 \pm 0,7$, com coeficiente de variação de 0,11%. A área à jusante (ponto 2) teve uma média de $7,0 \pm 0,6$, com coeficiente de variação de 0,09%. Próximo a foz com o rio Santana (ponto 3) a média ficou em $6,9 \pm 0,5$, com coeficiente de variação de 0,08% (Figura 35).

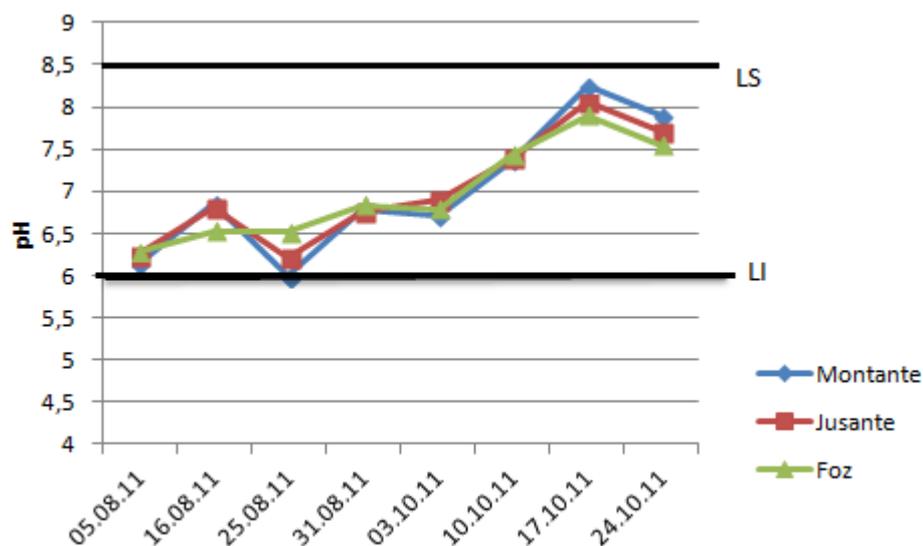


FIGURA 35- Valores de pH nos locais de monitoramento do rio Marrecas em agosto e outubro de 2011, com destaque para o limite superior (LS) e o limite inferior (LI) da faixa de normalidade de pH segundo a CONAMA 357/05.

Luz (2006) em sua pesquisa no rio Marrecas no ano de 2006 obteve valores de pH dentro da faixa de 6,6 a 7,6 unidades de pH.

Andrioni et al.(2009) observou no rio Queimados em Santa Catarina uma média de pH dentro da neutralidade, com valores que variaram na faixa de pH 7. Já Machado (2006) ao estudar a qualidade da água na bacia hidrográfica do Rio Pato Branco obteve média que variaram de 6,41 a 7,70 unidades de pH, citando ainda que o valor médio encontrado no local de captação de água no rio pela SANEPAR foi de 7,0 unidades de pH e que em vários estudos nas bacias do sudoeste do Paraná, o intervalo ficou entre 7,0 e 7,65 unidades de pH, todos os valores com tendência a normalidade.

5.1.4 Demanda bioquímica de oxigênio (DBO)

O valor máximo estipulado pela legislação para rios de classe 2 é de 5mg/L de O². A determinação desta demanda realiza-se a partir da diferença na concentração de OD, em amostra de água, em período de 5 dias a uma temperatura de 20 °C.

Na área de monitoramento à montante do perímetro urbano (ponto 1), os valores encontrados nas análises obtiveram uma média total superior ao valor máximo de 5mg/L, e ficaram em $7,8 \pm 3,7$ mg/L em agosto e $7,12 \pm 9,5$ mg/L em outubro. Apenas em 25% das amostras o valor esteve dentro da faixa de normalidade (Figura 36).

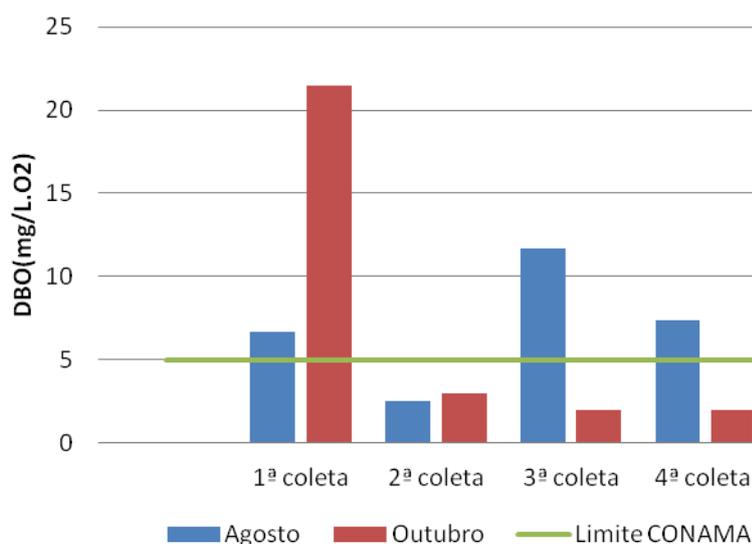


FIGURA 36- Valores de DBO no local de monitoramento do rio Marrecas à montante do perímetro urbano, em agosto e outubro de 2011.

Os resultados de DBO à jusante (ponto 2) destacaram-se por se apresentarem alterados quase que na totalidade da pesquisa (Figura 37). Tendo-se conhecimento da problemática deste local de monitoramento por se localizar na saída da área urbana, onde já é esperado uma carga maior de matéria orgânica, proveniente das diversas fontes urbanas de contaminação.

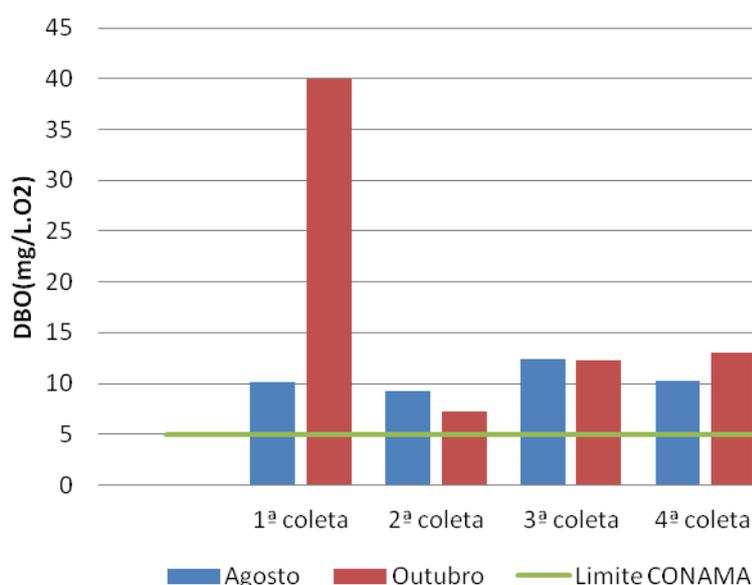


FIGURA 37- Valores de DBO no local de monitoramento à jusante do perímetro urbano em agosto e outubro de 2011.

Nos meses de agosto e outubro, a variável DBO apresentou 100% das taxas acima do valor permitido para rios classe 2 e a média do mês de agosto ficou em $10,5 \pm 1,35$ mg/L.O₂ e a de outubro em $18,12 \pm 14,8$ mg/L.O₂. Onde cabe salientar que na primeira coleta de outubro, a taxa chegou a superar em 800% o valor máximo permitido na legislação (5mg/L).

O local próximo a foz (ponto 3) apresentou dados semelhantes aos de jusante do perímetro urbano (ponto 2), pois teve apenas 25% de ocorrência de valores dentro da faixa de normalidade, sendo estes no mês de outubro (Figura 38). No mês de agosto apresentou 100% de suas taxas acima do permitido, com média de $12,18 \pm 2,7$ mg/L. Em outubro a média ficou em $8,82 \pm 5,2$ mg/L. O coeficiente de variação foi de 0,2% e 0,6% respectivamente.

Embora a CONAMA 357/2005 estabeleça um valor máximo de DBO em 5mg/L.O₂, Machado (2006), ao citar Von Sperling(1997), descreve que em ambientes naturais, sem aporte de matéria orgânica, as concentrações de DBO podem se apresentar num intervalo de 1 a 10mg/L O₂. Ele faz ainda um comparativo

entre o pensamento de outros autores que descrevem que em águas superficiais, DBOs inferiores a 4mg/L O² são razoavelmente limpas e aquelas com níveis acima de 10mg/L O² seriam considerados então poluídas, em função do grande aporte de matéria orgânica.

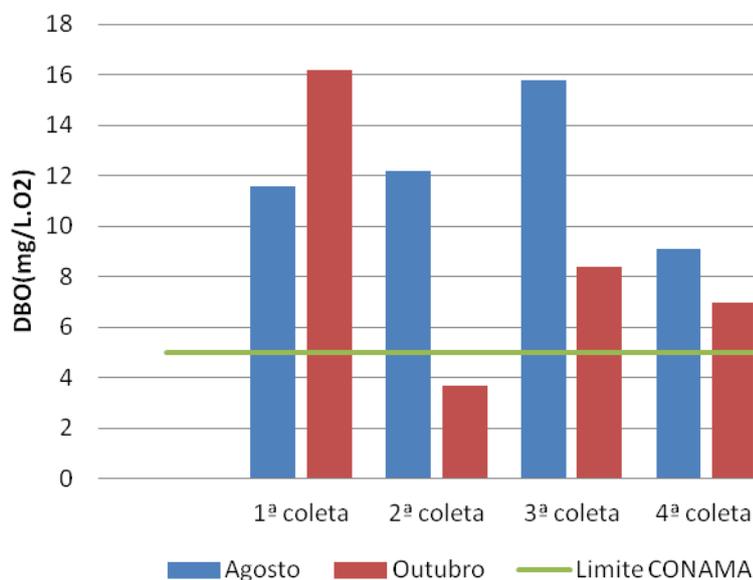


FIGURA 38- Valores de DBO no local de monitoramento próximo a foz com o rio Santana, em agosto e outubro de 2011.

Ao se comparar os parâmetros descritos por Machado (2006) aos de um rio em sua passagem por um perímetro urbano, como no caso desta pesquisa do rio Marrecas, concluiu-se que o local à montante (ponto 1) apresentou-se fora da normalidade apenas em 25% dos casos, ficando sua média geral abaixo de 10mg/L O²; contrário do local à jusante do perímetro urbano (ponto 2), que mesmo sendo avaliado por este parâmetro, ficaria ainda 100% fora da normalidade. O local próximo a foz (ponto 3) estaria em 75% das ocorrências de agosto fora dos valores de normalidade e apenas 25% fora no mês de outubro.

5.1.5 Nitrogênio total

Segundo a CONAMA 357 de 2005, “para águas doces de classes 1 e 2, o valor de nitrogênio total (após oxidação) não deverá ultrapassar 1,27 mg/L para ambientes lênticos² e 2,18 mg/L para ambientes lóticos³, na vazão de referência”.

² Lêntico: águas paradas, com movimento lento.

³ Lótico: águas continentais moventes.

Os índices de Nitrogênio total encontrados no local de monitoramento à montante do perímetro urbano (ponto 1) no mês de agosto de 2011 tiveram uma média de $4,45 \pm 2,75$ mg/L, com coeficiente de variação de 0,62%.

No mês de outubro a média foi maior e totalizou $10,87 \pm 20,7$ mg/L com coeficiente de variação de 1,9% (Figura 39).

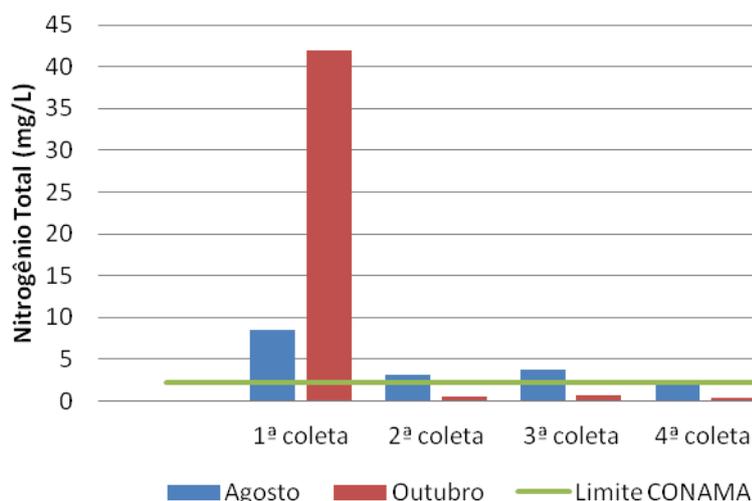


FIGURA 39- Valores de Nitrogênio total no local de monitoramento à montante do perímetro urbano, em agosto e outubro de 2011

Tal área, caracterizada como um ambiente lótico (por ser rio), tem o valor limite de 2,18mg/L de nitrogênio total, o que leva a conclusão de que em 100% das coletas do mês de agosto tal variável apresentou-se acima do limite máximo permitido. No mês de outubro, apenas 25% dos índices apresentaram-se acima dos limites máximos, e contou com um episódio isolado (primeira coleta de outubro), onde foi observado a ocorrência de um índice bastante elevado (42 mg/L), que fez com que a média final ficasse acima do permitido.

Os índices de Nitrogênio total encontrados à jusante do perímetro urbano (ponto 2) tiveram uma média de $4,63 \pm 1,8$ mg/L no mês de agosto, com coeficiente de variação de 0,3% e por ser considerado este local do rio um ambiente lótico, o valor de nitrogênio máximo é de 2,18 mg/L, assim 100% das amostras apresentaram-se acima do valor máximo (Figura 40). No mês de outubro a média foi de $1,72 \pm 0,79$ mg/L, com coeficiente de variação de 0,4% e 25% das amostras ficaram acima do valor máximo estipulado.

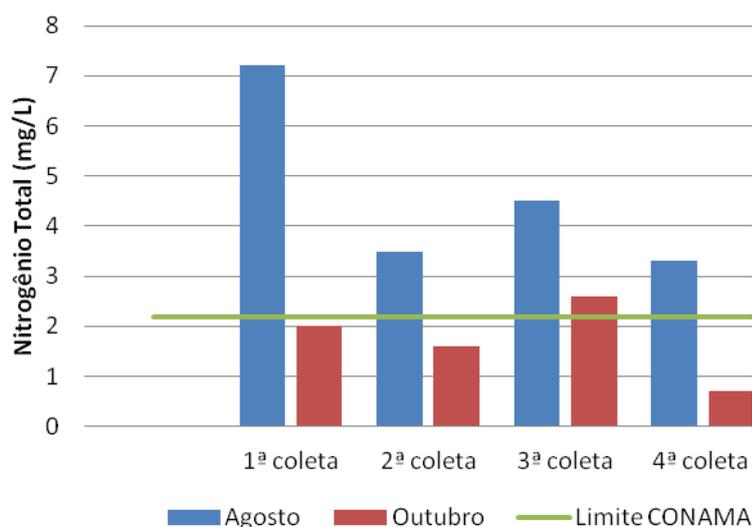


FIGURA 40- Valores de Nitrogênio total no local de monitoramento à jusante do perímetro urbano em agosto e outubro de 2011

Os índices de Nitrogênio total encontrados próximos a foz do rio Marrecas (ponto 3) demonstraram uma média no mês de agosto de $4,46 \pm 1,9 \text{ mg/L}$ e coeficiente de variação de 0,4%. Sendo este também um ambiente lótico, o valor de nitrogênio máximo é de 2,18 mg/L, totalizando assim 100% das amostras acima do valor máximo permitido. Em outubro a média foi de $1,4 \pm 0,58 \text{ mg/L}$, com coeficiente de variação de 0,41% e ficou com 100% das amostras abaixo do limite máximo permitido (Figura 41).

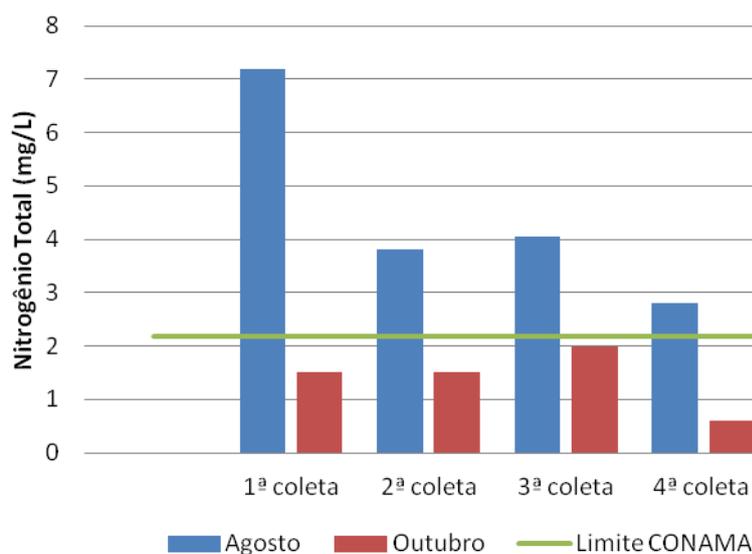


FIGURA 41- Valores de Nitrogênio total no local de monitoramento do rio Marrecas próximo a foz com o rio Santana, em agosto e outubro de 2011.

Retrata-se nesta área a questão agrícola e a problemática relativa ao nitrogênio, que é um nutriente limitante para o crescimento da maioria das plantas em solos agrícolas. Com o aumento da produção agrícola, bem como da cobrança de produtividade, são utilizadas quantidade cada vez maiores de fertilizantes, que liberam grande quantidade de nitrogênio orgânico e inorgânico para o meio ambiente (MUCHOVEJ; RECHCIGL, 1994).

Cunha (2007) relata em sua monografia concentrações de nitrogênio total na água do Rio Pariquera-Açu, para os três dias de amostragem nas coletas de janeiro e julho de 2007 respectivamente, uma variação das concentrações entre 0,65mg/L (Ponto 1) e 3,64 mg/L (Ponto 2). Já em julho, oscilaram entre 0,56mg/L (Ponto 7) e 2,42 mg/L (Ponto 9).

Semelhantes aos dados obtidos no Rio Marrecas em Francisco Beltrão, demonstrando coerência nos dados obtidos. Ele ressalta ainda que “é importante mencionar que as mudanças no uso e na ocupação do solo podem acarretar alterações no ciclo biogeoquímico do nitrogênio em sistemas aquáticos tropicais” (CUNHA, 2007.p.40). Pois o incremento de nitrogênio em ambientes aquáticos com certeza tem sua fonte nas atividades humanas, que geram efluentes agrícolas e/ou industriais, bem como a poluição difusa, derivada do escoamento superficial em áreas agrícolas e urbanas, por exemplo.

Segundo Tundisi (2003), com a crescente produção de resíduos urbanos e rurais ricos em nitrogênio e, principalmente em fósforo, a tendência para o futuro é que a eutrofização dos recursos hídricos brasileiros se torne um problema de difícil solução, se não irreversível.

5.1.6 Fósforo total

A CONAMA 357 de 2005 estipula para rios classe 2 um valor limítrofe de 0,1mg/L. Salienta-se que os principais meios de aporte de fósforo na água é o uso urbano (detergentes e saponáceos), seguido pelo uso agrícola do solo (fertilizantes e agrotóxicos) (TOLEDO et al., 2002), sendo que o local à montante do perímetro urbano (ponto 1) é procedente de área rural, à jusante do perímetro urbano (ponto 2) é diretamente ligado à área urbana e o próximo a foz com o rio Santana (ponto 3), é totalmente agrícola.

Os valores médios de Fósforo total no local de monitoramento à montante (ponto 1), no mês de agosto, foram de $0,29 \pm 0,2$ mg/L, com coeficiente de variação

de 1%. Onde em 50% dos casos, o valor encontrado manteve-se dentro do limite máximo, mas outros 50% apresentaram valores acima do permitido (Figura 42).

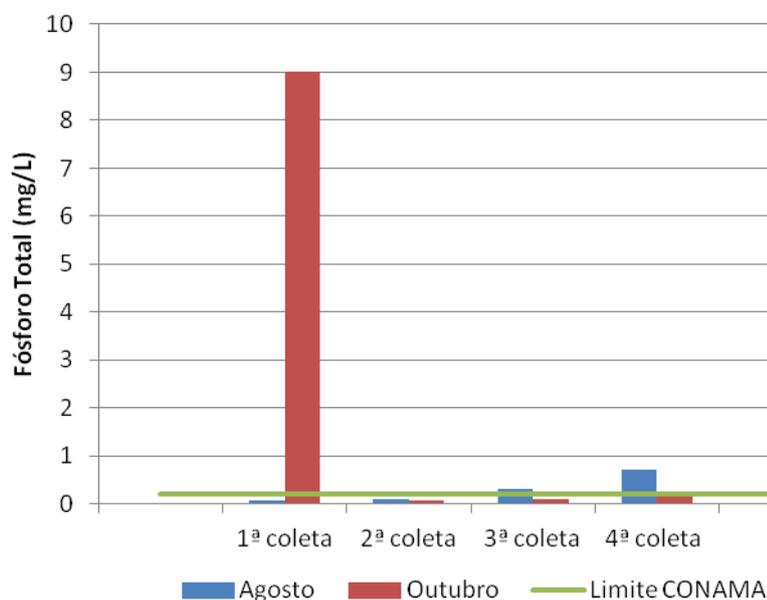


FIGURA 42- Fósforo total no local de monitoramento do rio Marrecas, à montante do perímetro urbano, de agosto e outubro de 2011.

No mês de outubro os índices foram semelhantes quanto à porcentagem de valores dentro e fora dos limites, mas os índices encontrados foram bastante distintos dos do mês de agosto e ficaram com média em $2,33 \pm 4,4$ mg/L e coeficiente de variação de 1,9%.

Salienta-se que a média sofreu elevada alteração, devido ao índice obtido na primeira coleta do mês de outubro ter apresentado valor acima dos parâmetros de normalidade (9mg/L), o que caracteriza algum tipo de descarga pontual de origem desconhecida (fertilizantes, agrotóxicos, detergentes, saponáceos...) ocorrida supostamente no período da coleta e que pode ser derivado da área agrícola ou da área urbana.

Os valores de Fósforo total no local de monitoramento à jusante do perímetro urbano (ponto 2) apresentaram 75% dos índices, no mês de agosto, acima do limite, onde a média foi de $2,11 \pm 1,47$ mg/L, com coeficiente de variação de 0,7%. Já no mês de outubro os índices ficaram em 100% dos episódios de coleta acima do limite, embora mais baixos que agosto. A média ficou em $0,42 \pm 0,09$ mg/L, com coeficiente de variação de 0,22%, demonstrando maior homogeneidade dos resultados, embora com valores altos (Figura 43).

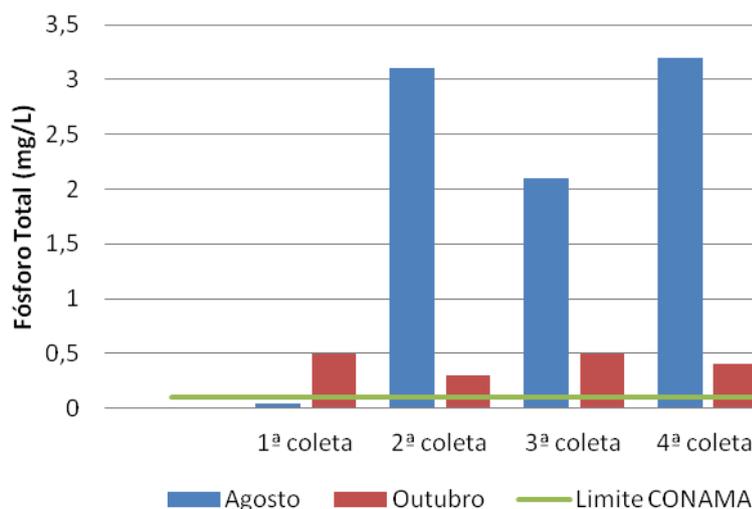


FIGURA 43- Fósforo total no local de monitoramento à jusante do perímetro urbano em agosto e outubro de 2011

Em agosto o local à jusante (ponto 2) teve uma ocorrência dentro do valor limite e no mês de outubro nenhuma, estando com 100% de seus índices de fósforo acima do permitido. Mas ressalta-se aqui que tais ocorrências de valores aumentados de fósforo nas águas dos rios tem tido um aumento considerável devido a diminuição da cobertura florestal, que leva a um arraste pelas águas superficiais do fósforo, que nas áreas urbanas julga-se ser proveniente de detergentes e saponáceos, conforme Andrioni et al.(2009) descreve em seu trabalho, ao estudar o estado de trofia do rio Queimados em Santa Catarina, no qual encontrou valores de fósforo semelhante aos obtidos no rio Marrecas, que variaram entre 0,42mg/L ate 1,48mg/L.

Geralmente, nos agroecossistemas, o movimento da água sobre o solo é potencializado e as transferências de sedimento e de fósforo para os corpos d'água são quali quantitativamente superiores aos de áreas cobertas por florestas, o que interfere também na dinâmica do fósforo na água e resulta na maioria dos casos, em concentrações superiores ao suporte físico, químico e biológico desses recursos hídricos (REYNOLDS e DAVIES, 2001).

O que se destaca também no local de monitoramento próximo a foz (ponto 3), onde os índices encontrados ficaram 100% acima do limite máximo estabelecido (Figura 44). A média do mês de agosto foi de $0,9 \pm 0,8$ mg/L, com coeficiente de variação de 0,8%. Por se tratar de uma área agrícola, as taxas elevadas podem ser devido ao uso de fertilizantes e/ou agrotóxicos nas lavouras, o que pode justifica-se

pelo fato de agosto ser um período entre safras, o qual se associa ao preparo do solo para o plantio e conseqüentemente uma maior quantidade de solo exposto.

A média de outubro foi de $0,37 \pm 0,31$ mg/L, com coeficiente de variação de 0,5%. Onde se observa uma redução nas taxas de fósforo e recorda-se ser um período em que, principalmente a soja, já está plantada, o que reduz a exposição do solo.

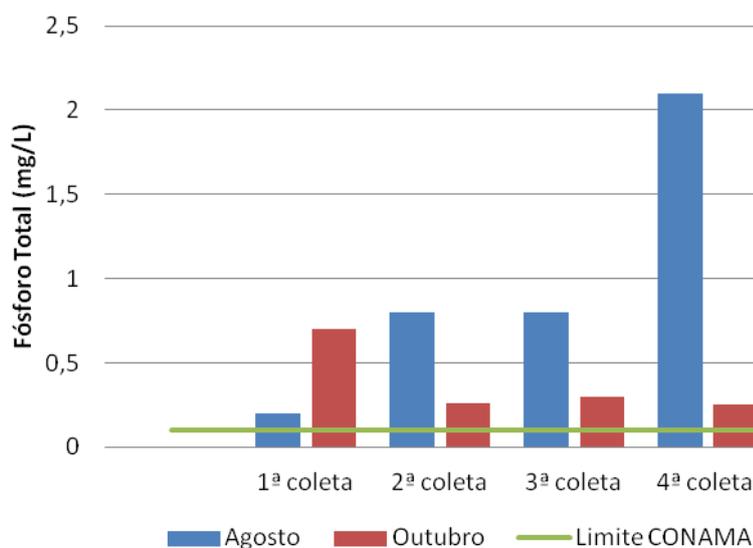


FIGURA 44- Fósforo total no local de monitoramento próximo a foz rio Marrecas, em agosto e outubro de 2011.

Xavier (2005) menciona que, em alguns estudos nas bacias hidrográficas nos Estados Unidos, encontram-se dados sobre a relação dos índices de fósforo e a diminuição das florestas e aumento das áreas agrícolas. Descreve que a quantidade de fósforo solúvel nas enxurradas e os tipos de uso do solo em cada caso, demonstram que em áreas com 90% de florestas os índices de fósforo são em torno de 0,009mg/L de fósforo solúvel e em áreas com 75% de florestas, o fósforo fica em torno de 0,012mg/L. Quando a área é de 50% de florestas e 50% de uso pela agricultura, o fósforo solúvel fica entre 0,025mg/L, chegando a 0,071mg/L em casos onde o uso do solo para fins agrícolas é de 90%. Ficando claro o quanto a questão do desmatamento influencia na carga de fósforo dos corpos d'água.

Cunha (2007) em seu estudo no Rio Pariquera-Açu, para os três dias de amostragem nas coletas de janeiro e julho de 2007, descreveu que em janeiro as concentrações variaram entre 10,3 $\mu\text{g.L}^{-1}$ (0,01mg/L) no Ponto 1 e 646,7 $\mu\text{g.L}^{-1}$ (0,64mg/L) no ponto 9 e em julho, entre 43,4 $\mu\text{g.L}^{-1}$ (0,04mg/L) no Ponto 1 e 594,2 $\mu\text{g.L}^{-1}$ (0,59mg/L) no Ponto 9. Destaca-se que: "essas elevadas concentrações

podem ser associadas às condições lênticas do escoamento da água neste local, em função do encontro com o rio Ribeira de Iguape, o que favorece a proliferação de macrófitas aquáticas.” Enfim percebe-se que os resultados obtidos neste trabalho de pesquisa, embora resultarem em valores bem acima dos permitidos na legislação, não são uma ocorrência isolada e de que existem vários fatores que predisõem as alterações nas taxas de fósforo nos corpos d’água.

5.1.7 Turbidez

Inicialmente salienta-se que os rios de Classe 2 devem ter turbidez abaixo de 100 NTU (BRASIL, 2005). “A turbidez é expressa em NTU (*Nefelometric Turbidity Unit*), FTU (*Formazine Turbidity Unit*) ou uT (Unidade de Turbidez). Essas unidades são correspondentes em 1:1 (POLICONTROL, 2006)”.

A turbidez média encontrada à montante do perímetro urbano (ponto 1) no mês de agosto foi de $79,3 \pm 107$ NTU, com coeficiente de variação de 1,3%, demonstrando heterogeneidade dos dados obtidos, com grande variação de valores, sendo a amostra derivada da terceira coleta a responsável por tal alteração (239 NTU), condição explicável diante a precipitação de 220,5 mm, ocorrida no período (Figura 45). Mesmo diante disto o valor médio da turbidez à montante (ponto 1) manteve-se dentro da faixa de normalidade estabelecida na CONAMA 357/2005.

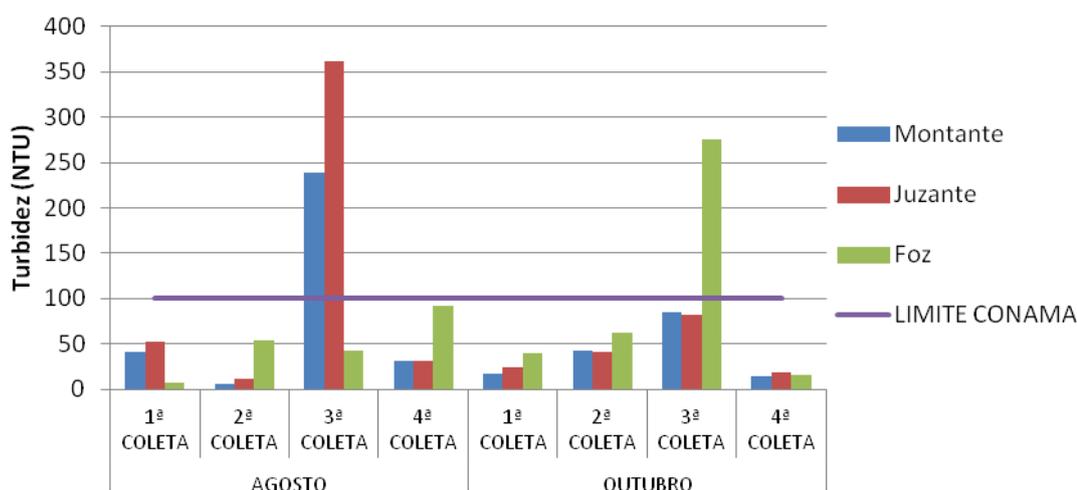


FIGURA 45- Valores de turbidez encontrados nos locais de monitoramento do rio Marrecas em agosto e em outubro de 2011.

No mês de outubro o local à montante do perímetro urbano (ponto 1) teve uma média de $39,9 \pm 32$ NTU, com coeficiente de variação de 0,8%. Sendo que esta também sofreu influência pluviométrica, pois na terceira coleta do mês a precipitação do período foi de 42,3 mm e a turbidez alcançou um valor de 85,6 NTU. Luz (2006) em sua pesquisa de características físico-químicas e microbiológicas da água do rio Marrecas encontrou valores de turbidez que variaram de 5,8 NTU a 213 NTU no mês de agosto e 16,1 NTU a 273 NTU no mês de outubro de 2006 em seu local 1 de amostragem, sendo este o local correspondente à montante do perímetro urbano.

Para tanto se conclui que mesmo com as influências da precipitação no período da pesquisa, a média tanto de agosto, quanto de outubro, mantiveram-se dentro do limite máximo estabelecido (Figura 46).

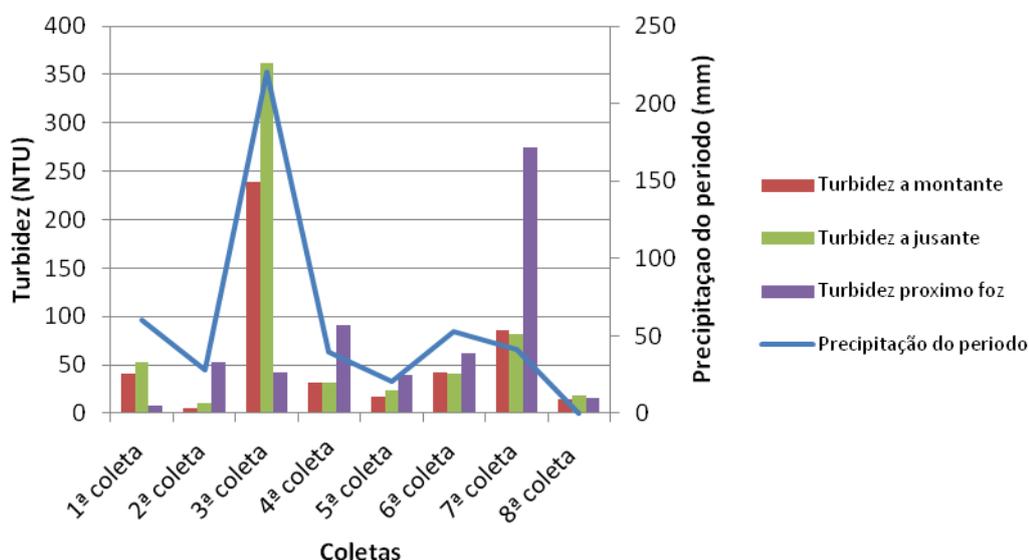


FIGURA 46- Relação da turbidez com a precipitação do período de agosto e outubro de 2011 no Rio Marrecas.

A Turbidez média de agosto à jusante (ponto 2) foi de 114 ± 165 NTU com coeficiente de variação de 1,4%. Sofrendo grande influência da precipitação do período e com média acima do valor estabelecido na legislação, onde a terceira coleta deste mês foi a responsável por uma média geral elevada, ficando nas demais coletas abaixo de 100NTU. No mês de outubro foi de $41,3 \pm 29$ NTU, com coeficiente de variação de 0,7%.

O local de monitoramento próximo a foz (ponto 3) teve uma média de $48,8 \pm 34$ NTU, com coeficiente de variação de 0,7% no mês de agosto e em outubro ficou com 98 ± 119 NTU, com coeficiente de variação de 1,2%, devido a um episódio de turbidez elevada na terceira coleta do mês.

Enfim, observa-se que embora o período tenha apresentado em agosto pluviosidade acima do esperado e outubro também ter tido precipitação considerável, os valores de turbidez média mantiveram-se dentro dos padrões máximos estipulados pela CONAMA 357/2005; onde se observou alterações acima do permitido com ocorrências isoladas em períodos de alta pluviosidade.

5.1.8 Sólidos totais

Ao se analisar os dados obtidos referentes a variável sólidos totais, verifica-se que a pesquisa de monitoramento no local à montante do perímetro urbano (ponto 1) retratou uma média de $57,7 \pm 36$ mg/L, com coeficiente de variação de 0,6% no mês de agosto. No mês de outubro foi de 125 ± 136 mg/L, com coeficiente de variação de 1,1% (Figura 47), demonstrando uma grande variação dos dados de sólidos no mês de outubro de 2011 neste local.

O monitoramento à jusante da área urbana de Francisco Beltrão (ponto 2), ficou no mês de agosto com uma média de $78,7 \pm 40,9$ mg/L, com coeficiente de variação de 0,5%. Já no mês de outubro a média ficou em 96 ± 5 mg/L, com coeficiente de variação de 0,06%, o que destaca uma maior homogeneidade dos dados no mês de outubro.

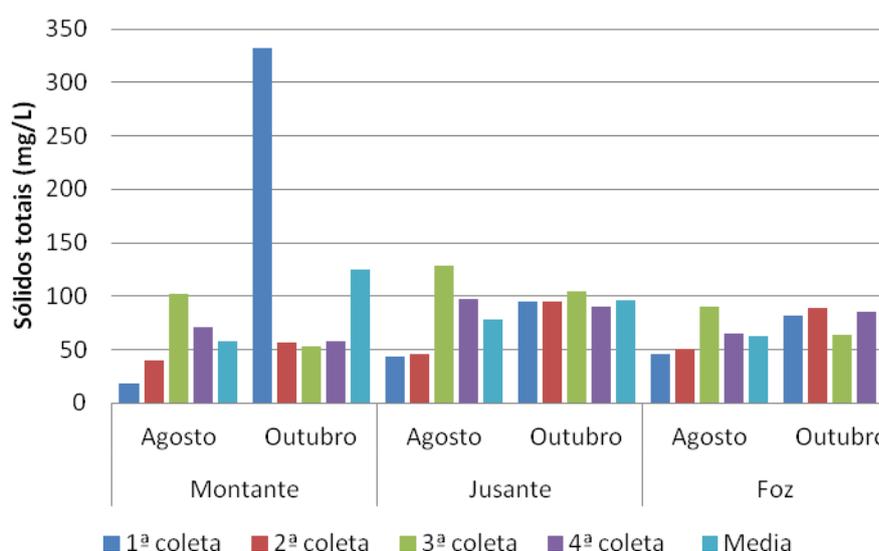


FIGURA 47- Valores de sólidos totais obtidos nos locais de monitoramento do rio Marrecas, nos meses de agosto e outubro de 2011.

No monitoramento próximo a foz (ponto 3), a média de agosto ficou em $63 \pm 19,7$ mg/L, com coeficiente de variação de 0,3%. E em outubro a média foi de

$80\pm 11\text{mg/L}$ com coeficiente de variação de 0,13%. Embora o mês de outubro tenha apresentado valores maiores de sólidos, os dados tiveram uma variação menor do que em agosto.

Embora a CONAMA 357/2005 não estabeleça um padrão para os sólidos totais, somente para sólidos totais dissolvidos, a Agência Nacional de Águas (ANA) utiliza tal parâmetro no índice de qualidade das águas (IQA).

Os padrões de qualidade da água para consumo humano da Organização Mundial da Saúde (OMS) fixam um teor máximo desejável de sólidos totais 500mg/L e o teor máximo permissível de 1500mg/L (MACEDO, 2006), valores não observados nesta pesquisa e que levam a conclusão que a água do rio Marrecas apresenta-se dentro dos padrões de qualidade desejável a OMS, para os índices de sólidos totais.

5.1.9 Temperatura de desvio

Os dados de temperatura da água nos locais de monitoramento do rio Marrecas, nos meses de agosto e outubro de 2011, demonstram que no geral as temperaturas em tais meses não sofreram alterações bruscas e ficaram entre 12°C e 21°C , correspondendo às alterações externas de temperatura ocorridas no período.

A média de temperatura à montante (ponto 1) em agosto foi de $15,2\pm 2^\circ\text{C}$, com coeficiente de variação de 0,1%. E em outubro a média foi de $19,7\pm 0,5^\circ\text{C}$, com coeficiente de variação de 0,02% (Figura 48).

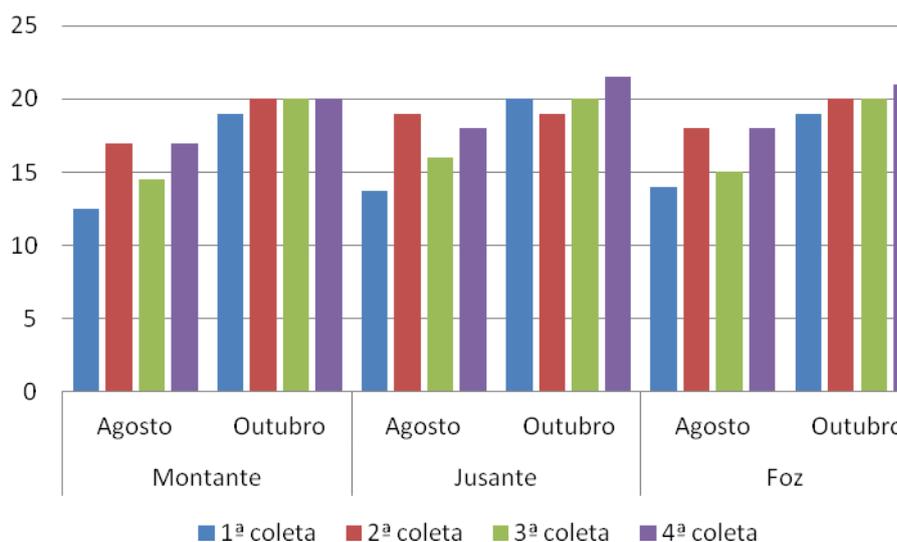


FIGURA 48- Valores de temperatura da água nos locais de monitoramento do Rio Marrecas, nos meses de agosto e outubro de 2011.

O local à jusante (ponto 2) teve uma média de temperatura em agosto de $16,6 \pm 2,3^{\circ}\text{C}$, com coeficiente de variação de 0,1% e em outubro a média foi de $20,1 \pm 1,3^{\circ}\text{C}$, com coeficiente de variação de 0,05%.

O monitoramento próximo a foz (ponto 3) teve uma média de temperatura de $16,2 \pm 2^{\circ}\text{C}$ em agosto, com coeficiente de variação de 0,1%. Em outubro a média ficou em $20 \pm 0,8^{\circ}\text{C}$, com coeficiente de variação de 0,04%.

A CONAMA 357/2005 estabelece que a temperatura de um corpo hídrico deva-se manter na faixa de 0°C a 30°C , já para uso da temperatura no IQA, o protocolo sugere o uso de um ponto de referência para servir de base de cálculo da temperatura de desvio; como a pesquisa não dispõe de um ponto de referência para temperatura, o valor usado na diferença de temperatura do cálculo do IQA, foi de zero (conforme protocolo IQA/ANA, 2005).

5.2 ÍNDICE DE QUALIDADE DA ÁGUA (IQA)

Para caracterizar a qualidade da água, Pereira (2010) menciona que são utilizados diversos parâmetros com intuito de representar as características físicas, químicas e biológicas desta água, pois os mesmos são os indicadores da quantidade de impurezas presentes, bem como quando estes alcançam valores acima do permitido. Uma metodologia que pondera estes diversos parâmetros é o Índice de Qualidade de Água, sendo possível por meio dele, estabelecer níveis e padrões de qualidade, com vistas ao enquadramento de cursos d'água, em classes ou níveis de qualidade. Embora seja conhecido o clássico e indesejável efeito conhecido como efeito eclipse, que resulta do processo de agregação de diversas variáveis ambientais em um único número, o que pode produzir uma atenuação do impacto negativo de uma das variáveis frente ao comportamento estável das demais.

Os resultados obtidos do índice de qualidade da água do rio Marrecas (Figura 49), no período de monitoramento estabelecido pela pesquisa, observa-se que no local à montante do perímetro urbano (ponto 1) o IQA médio foi de $63 \pm 6,8$ com coeficiente de variação de 0,1% no mês de agosto. No mês de outubro a média foi de $60 \pm 18,7$ IQA, com coeficiente de variação de 0,3%, mantendo uma constância nos resultados.

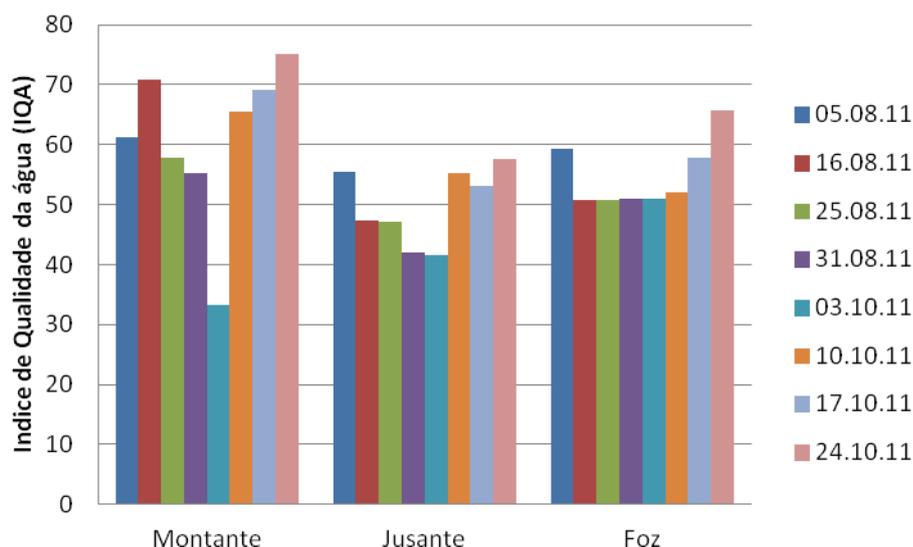


FIGURA 49- Variações do IQA nos meses de agosto e outubro de 2011 nos locais de monitoramento do Rio Marrecas

O IQA médio à jusante do perímetro urbano (ponto 2) no mês de agosto de 2011 foi de $47 \pm 5,5$ IQA, com coeficiente de variação de 0,1%. No mês de outubro a média foi de 52 ± 4 IQA, com coeficiente de variação de 0,08%.

O local próximo a foz do rio Marrecas (ponto 3) teve em agosto uma média de IQA de $52 \pm 4,3$ IQA, com coeficiente de variação de 0,08%. Já no mês de outubro a média foi de $56 \pm 6,8$ IQA, com coeficiente de variação de 0,1%.

A classificação dos resultados de IQA no protocolo da ANA (ANA, 2005), demonstra que os dados obtidos nos locais de monitoramento, no mês de agosto (Figura 50), inserem-se em sua maioria na classificação de “regular”. Na classificação de “muito ruim” não foram encontrados ocorrências, assim como dentro da classificação “boa” e “excelente”.

Os valores das análises que compõem o cálculo de IQA derivaram numa classificação do rio Marrecas, no mês de agosto de 2011, entre “ruim” a “regular”. Onde o local à montante do perímetro urbano (ponto 1) obteve uma classificação de qualidade da água como “regular” em sua maioria (100%).

O local à jusante do perímetro urbano (ponto 2) ficou em 75% dos casos dentro da faixa de ruim e 25% dentro da faixa de regular. Onde se salienta ser este o local mais propício a tais resultados, pois se encontra na saída da área urbana da cidade de Francisco Beltrão, carreando consigo toda carga de poluentes derivados das ações antrópicas.

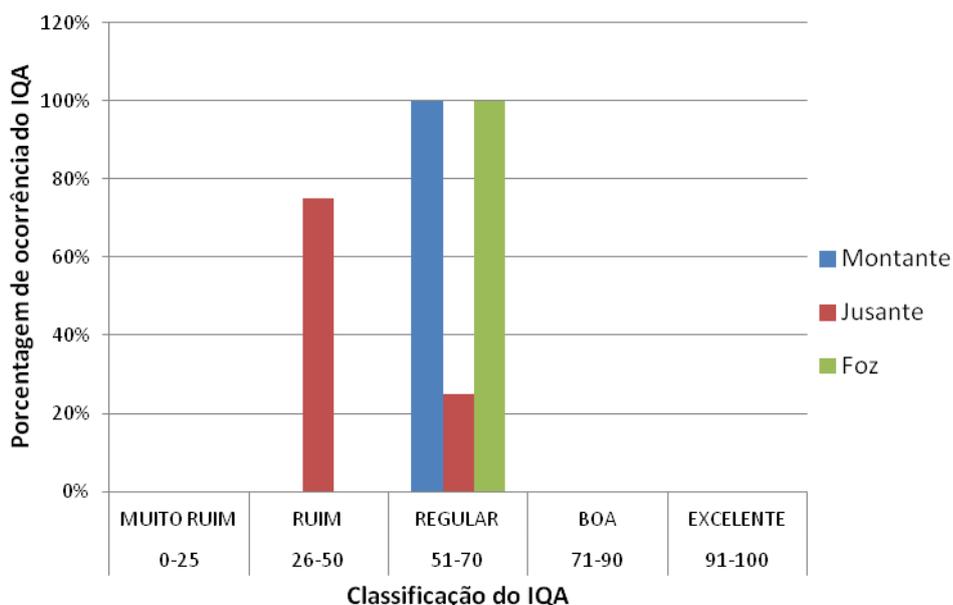


FIGURA 50-Classificação do IQA segundo ANA (2005) nos três locais de coleta, no mês de agosto de 2011.

Pois embora o CONAMA estabeleça limites para a descarga de cada poluente pelas indústrias e afins, bem como estabeleça limites para a qualidade deste efluente a ser lançado, quando ele se encontra com os demais no corpo d'água de um rio, formam uma carga elevada de contaminantes, que precisa ser depurada.

O local de monitoramento próximo a foz (ponto 3) manteve-se na faixa de “regular” no mês de agosto.

No mês de outubro (Figura 51), o IQA do local à montante do perímetro urbano (ponto 1) ficou 25% dentro da faixa considerada “ruim”, 50% em “regular” e 25% “boa”. Onde se verificou a ocorrência de uma alta taxa de Nitrogênio total no período (42mg/L) e também de coliformes termotolerantes (1200NMP/100ml) associada a uma baixa vazão (1,3 m³/s), correspondendo assim a valores que inseridos no cálculo de IQA, derivam em alterações significativas finais. Salienta-se que de forma atípica neste ano, o mês de agosto teve uma precipitação maior que o mês de outubro.

O local à jusante do perímetro urbano (ponto 2) teve um valor de 100% dentro da faixa de “regular”, assim como o próximo à foz do rio Marrecas com o rio Santana (ponto 3).

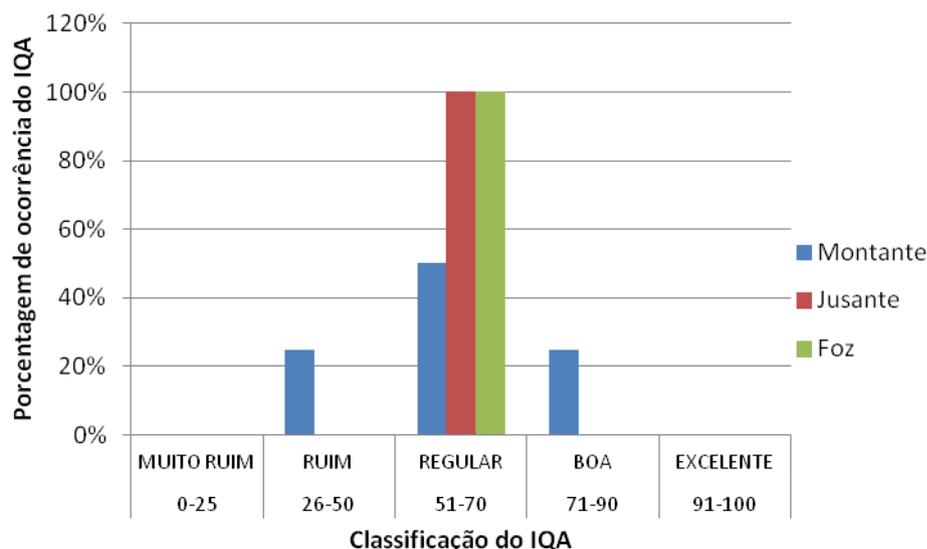


FIGURA 51- Classificação do IQA nos três locais de coleta, no mês de outubro de 2011.

Resultados semelhantes foram destacados pela agência nacional de águas (ANA), em estudo sobre a qualidade das águas superficiais no Brasil em 2012, que em relação ao índice de qualidade das águas (IQA):

“... a condição “boa” ocorreu em 443 dos 678 pontos monitorados (65% do total), 27 pontos apresentaram condição “ótima” e 122 pontos condição “regular”. Valores de IQA indicando condição “ruim” somam 11% do total (73 pontos). Esses pontos foram identificados principalmente no estado do Paraná, na bacia do alto Iguaçu (região metropolitana de Curitiba); no estado de Minas Gerais, na bacia do Rio Grande, próximo às cidades São Sebastião do Paraíso, Andradas e Catiguá; no estado de São Paulo, na bacia do Alto Tietê (região metropolitana de São Paulo e de Campinas), na bacia do rio Piracicaba (municípios de Americana, Limeira, Cosmópolis, Paulínia e Hortolândia), em nascentes da bacia do rio Mogi-Guaçu, nas bacias dos rios Sorocaba, Jundiá e Capivari; e em Goiás, em um ponto no rio Meia Ponte, na região metropolitana de Goiânia (ANA, 2012. p.152)”.

Aguiar (2003) descreve um Índice de Qualidade da Água (IQA), para a bacia hidrográfica do rio Coxilha Rica- Itapejara D'Oeste- no período de outubro de 2002 a fevereiro de 2003, com média geral de 63,8 de IQA, sendo classificado como de “boa” qualidade. Mas isso há aproximadamente 10 anos atrás, onde a região sudoeste tinha uma menor ocupação urbana e uma agricultura menos mecanizada.

5.3 PARÂMETROS COMPLEMENTARES PARA O MONITORAMENTO DA QUALIDADE DA ÁGUA

5.3.1 Demanda Química de Oxigênio (DQO)

A variável DQO não possui limite estabelecido na legislação atual brasileira, mas MCNEELY et al.(1979), cita que os corpos hídricos que apresentam uma DQO alta podem apresentar déficit de oxigênio para os organismos aquáticos e seu aumento é derivado principalmente de despejos de origem industrial ou doméstico, com presença de materiais orgânicos redutores.

A relação DQO/DBO é a divisão do valor de DQO pelo valor de DBO obtido nas análises laboratoriais, que demonstram a taxa de biodegradabilidade dos despejos/matéria orgânica, com classificação entre “baixa” e “alta” relação, onde a baixa é quando a fração biodegradável esta elevada ($< 2,5$) e indica a utilização de tratamento biológico. A elevada é a fração inerte, relacionada a biodegradabilidade baixa (< 5), mas não em termos de poluição do corpo hídrico receptor. Assim, como no caso de ser utilizada a relação DBO/DQO, onde os valores de relação não biodegradável ficam na faixa de 0,5 e os de biodegradável de 0,8.

Os dados do local de monitoramento à montante do perímetro urbano (ponto 1) (Tabela 5) demonstram os valores obtidos para a variável DQO, bem como sua correlação com a DBO. Onde no mês de agosto a média de DQO ficou em 15,5mg/L e no mês de outubro em 16,02mg/L, sendo os resultados semelhantes, não fossem as diferenças entre o desvio padrão e o coeficiente de variação no mês de outubro que indicam uma variação maior de resultados durante o período.

Tabela 5- Resultados de DQO no local de coleta à montante do perímetro urbano, nos meses de agosto e outubro de 2011.

Local de monitoramento à montante do perímetro urbano	Agosto	Relação DBO/DQO	Outubro	Relação DBO/DQO
1ª coleta	12,80	0,52	48,6	0,44
2ª coleta	5,70	0,43	6,5	0,46
3ª coleta	26,90	0,43	5	0,4
4ª coleta	16,60	0,44	4	0,5
Média	15,50	0,45	16,02	0,45
Desvio padrão	8,84	0,04	21,74	0,04
Coeficiente de variação	0,57	0,09	1,35	0,09

A relação entre DBO/DQO no período retrata uma média de 0,45, e demonstra que este local de monitoramento apresenta uma carga de poluentes com grande fração não biodegradável.

A análise de DQO é mais utilizada para estabelecer a carga de efluente que pode ser despejada num corpo d'água. Por exemplo, o Estado de Minas Gerais e do Rio de Janeiro determinam que um efluente só possa ser lançado se estiver com uma carga de DQO abaixo de 250mg/L, mas isso também é relativo, pois depende do poder de depuração do corpo hídrico onde será lançado.

Os resultados da DQO e sua correlação com a DBO no local à jusante do perímetro urbano (ponto 2) saída da área urbana da cidade de Francisco Beltrão, ficaram na faixa de 0,5 em ambos os meses e destacam neste local uma carga de poluentes não biodegradáveis em sua maioria (Tabela 6). Onde no mês de agosto de 2011 a média de DQO foi de $20,58 \pm 6,18$ mg/L. No mês de outubro a média foi de $36,32 \pm 29,1$ mg/L, e demonstra heterogeneidade maior (0,8% de coeficiente de variação) que no mês de agosto, que teve um coeficiente de variação de 0,3%.

Tabela 6 - Resultados de DQO no local de coleta à jusante do perímetro urbano, nos meses de agosto e outubro de 2011.

À jusante do perímetro urbano	Agosto	Relação DBO/DQO	Outubro	Relação DBO/DQO
1ª coleta	17,70	0,57	79	0,50
2ª coleta	14,40	0,63	13,3	0,54
3ª coleta	28,80	0,43	29	0,42
4ª coleta	21,40	0,48	24	0,54
Média	20,58	0,52	36,32	0,5
Desvio padrão	6,18	0,08	29,19	0,05
Coeficiente de variação	0,30	0,16	0,80	0,11

O terceiro local de monitoramento apresentou um valor médio de DQO no mês de agosto de $23,6 \pm 4,5$ mg/L e de $17,6 \pm 10$ mg/L, e ficou abaixo dos dados encontrados à jusante (ponto 2), sendo isso relativamente positivo quanto ao se analisar o poder de depuração deste corpo hídrico (Tabela 7).

Neste local a relação DBO/DQO ficou na faixa de 0,5 em agosto e 0,4 em outubro, e demonstrou igualmente a característica de predominância de poluentes não biodegradáveis.

Tabela 7- Resultados de DQO no local de coleta próximo a foz com o rio Santana, nos meses de agosto e outubro de 2011.

Próximo a foz com rio Santana	Agosto	Relação DBO/DQO	Outubro	Relação DBO/DQO
1ª coleta	21,40	0,54	31,4	0,51
2ª coleta	25,40	0,48	8,2	0,45
3ª coleta	29,10	0,54	18	0,46
4ª coleta	18,80	0,48	13	0,53
Média	23,68	0,51	17,65	0,48
Desvio padrão	4,52	0,03	10,00	0,03
Coeficiente de variação	0,19	0,06	0,56	0,07

Os dados obtidos das correlações entre DBO/DQO nos locais de monitoramento do rio Marrecas demonstram a predominância de poluentes não biodegradáveis.

5.3.2 Sólidos totais dissolvidos (STD)

As águas naturais para uso humano tem um valor limítrofe de 1000mg/L de STD (BRASIL, 2004), já a CONAMA 357 de 2005 salienta que para águas classe 1, 2 e 3, o máximo de STD deve ser de 500mg/L, devido a estes representarem também a fração de íons que podem ser derivados de metais pesados (BRASIL, 2005), o que não seria o caso numa água derivada ao uso potável humano.

Os resultados de sólidos totais dissolvidos (STD) no local de monitoramento à montante do perímetro urbano (ponto 1) teve média no mês de agosto de $24,1 \pm 7$ mg/L, com coeficiente de variação de 0,3% (Figura 52). Em outubro a média foi de $82 \pm 68,5$ mg/L, com coeficiente de variação de 0,8% derivado de um episódio no início de outubro que levou a um aumento do desvio padrão e uma variação elevada, destacando a ocorrência de taxas elevadas em várias variáveis como DQO, DBO, Nitrogênio total e Fósforo total na mesma coleta, demonstrando correlação das variáveis e coerência nos dados obtidos.

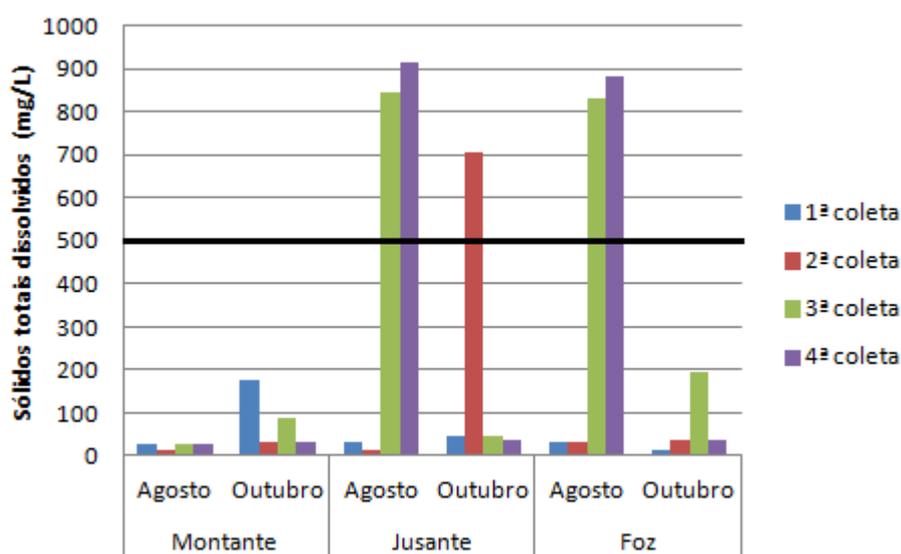


FIGURA 52- Valores de sólidos totais dissolvidos encontrados nos locais de monitoramento do rio Marrecas nos meses de agosto e outubro de 2011, com indicação do padrão CONAMA 357/2005.

No local à jusante (ponto 2), a média de agosto foi de 451 ± 495 mg/L, com coeficiente de variação de 1,09%, devido à disparidade dos dados, onde por duas ocorrências obtiveram-se valores bem baixos de STD e em outras duas, valores bem elevados. Já no mês de outubro a média foi de 208 ± 332 mg/L, com coeficiente de variação de 1,6%, devido a um único episódio de coleta com valor bastante elevado (707 mg/L). Tal local apresentou no mês de agosto duas ocorrências fora do limite máximo de 500 mg/L (3ª e 4ª coleta) e uma ocorrência no mês de outubro (2ª coleta).

No terceiro local de monitoramento, a média no mês de agosto foi de 443 ± 476 mg/L, com coeficiente de variação de 1,07% e ficou duas vezes fora do limite máximo de 500 mg/L (3ª e 4ª coleta). No mês de outubro a média foi de $70,8 \pm 83$ mg/L, com coeficiente de variação de 1,2%, com apenas um episódio de sólidos aumentado (194 mg/L), mas dentro do limite máximo estipulado, levando a alteração do desvio padrão e demonstrando uma variação elevada.

Nos estudos de controle de poluição das águas naturais, principalmente nos de caracterização de esgotos sanitários e de efluentes industriais, as determinações dos níveis de concentração das diversas frações de sólidos resultam em um quadro geral da distribuição das partículas com relação ao tamanho (sólidos em suspensão e dissolvidos) e com relação à natureza (fixos ou minerais e voláteis ou orgânicos). Onde os STD também servem para indicar se a água é doce (0-500 mg/L), salobra (500-1500 mg/L) ou salina (> 1500 mg/L), pois são constituídos principalmente por

carbonatos, bicarbonatos, cloretos, sulfatos, fosfatos e possivelmente nitratos de cálcio, magnésio, potássio, pequenas quantidades de ferro, manganês e outras substâncias (MACEDO, 2006; LEZI et al. 2009; PORTO, 1991; VON SPERLING, 1995).

5.3.3 Condutividade elétrica

Não existe citação de valor limite na CONAMA 357 de 2005. Chapman (1996) descreve que para águas naturais, os valores podem variar de 10 a 100 μScm^{-1} , e em águas poluídas pode chegar a mais de 1000 μScm^{-1} . Os resultados obtidos para Condutividade elétrica nos locais de monitoramento reforçam os resultados de sólidos totais dissolvidos.

O local de monitoramento à montante do perímetro urbano (ponto 1) apresentou uma média de condutividade de $34,4 \pm 10,3 \mu\text{S/cm}$, com coeficiente de variação de 0,3% no mês de agosto (Figura 53). Em outubro a média ficou em $117,2 \pm 97 \mu\text{S/cm}$, com coeficiente de variação de 0,8%.

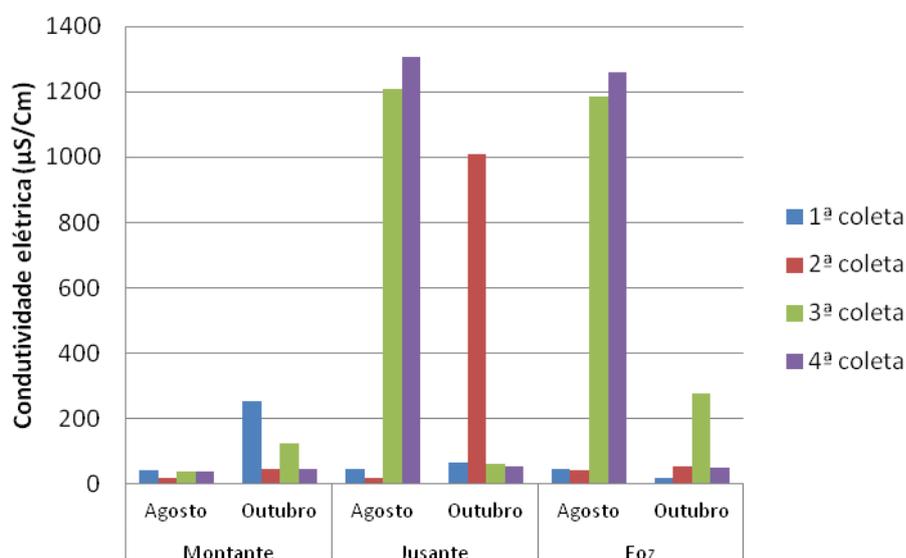


FIGURA 53- Valores de condutividade elétrica encontrados nos locais de monitoramento do rio Marrecas nos meses de agosto e outubro de 2011, com destaque ao padrão de Chapman (1996).

A área à jusante do perímetro urbano (ponto 2) teve uma condutividade média em agosto de $644,7 \pm 708 \mu\text{S/cm}$, com coeficiente de variação de 1,09%. Em outubro a média foi de $298 \pm 475 \mu\text{S/cm}$, com coeficiente de variação de 1,6%.

Na última área de monitoramento (próximo a foz), a média foi de 634 ± 680 $\mu\text{S/cm}$, com coeficiente de variação de 1,07%. No mês de outubro a média ficou em $101,2 \pm 118$ $\mu\text{S/cm}$, com coeficiente de variação de 1,17%.

Ao se seguir o padrão de Chapman (1996), conclui-se que os padrões de condutividade apresentaram-se acima do máximo para águas naturais (10 a $100 \mu\text{S/cm}$) e abaixo de estipulado para águas poluídas ($1000 \mu\text{Scm}^{-1}$).

5.4 ÍNDICE DE ESTADO TRÓFICO- IET

Segundo Fia et al. (2009), um índice de estado trófico funciona como um registro de atividades humanas nas várias bacias hidrográficas, além de auxiliar na formulação de planos de manejo e gestão de ecossistemas aquáticos, por meio de estratégias que visam à sustentabilidade dos recursos hídricos.

De acordo com os diferentes valores de IET, calculados a partir dos resultados de Fósforo total, as águas podem ser classificadas como: ultraoligotrófica, oligotrófica, mesotrófica, eutrófica, supereutrófica e hipereutrófica, para as quais são dados valores de classes de IET (Tabela 8).

Tabela 8- Classificação de estado trófico em rios (Carlson modificado)

Categoria (estado trófico)	Ponderação	P-total (mg/l)
Ultraoligotrófico	IET ≤ 47	$P \leq 13$
Oligotrófico	IET de 47 a 52	P de 13 a 35
Mesotrófico	IET de 53 a 59	P de 36 a 137
Eutrófico	IET de 60 a 63	P de 138 a 296
Supereutrófico	IET de 64 a 67	P de 296 a 640
Hipereutrófico	IET > 67	$P < 640$

Fonte: IET, 2012

A média de IET no monitoramento à montante do perímetro urbano (ponto 1) foi de $61,8 \pm 3,3$ com coeficiente de variação de 0,03%, desta forma classificado em uma faixa de valor de IET eutrófica. Mas sofreu alterações durante o período das coletas, ficando em 37,5% dos casos dentro da faixa de mesotróficos, 12,5% no supereutrófico e 50% no de eutrófico (Figura 54).

O estado mesotrófico corresponde a corpos d'água com produtividade intermediária, por possuir uma concentração média de nutrientes com ciclagem lenta, transparência limitada, com variável concentração de microalgas e macrófitas e principalmente por provocar baixo prejuízo aos usos múltiplos (WALT et al. 2007).

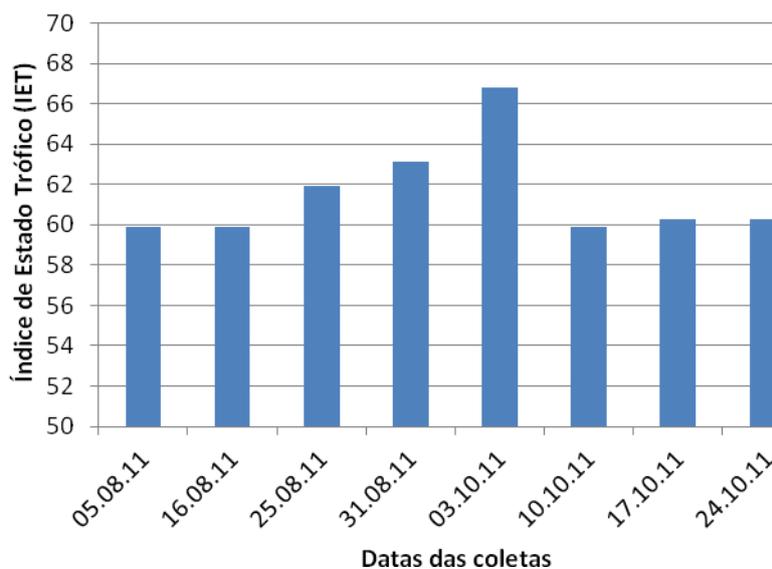


FIGURA 54- Índice de estado de trofia nos meses de agosto e outubro de 2011, no local de monitoramento à montante do perímetro urbano.

Casos de supertrofia são ocasionais, sendo necessária uma pesquisa mais abrangente, com maior período de tempo de amostragens (mínimo de 1 ano) para uma classificação mais segura. Como por exemplo, no reservatório de Foz da Areia na bacia do rio Iguaçu, o qual a ANA (2012) descreve que em 2006 foi acometido por um crescimento populacional exacerbado de algas tóxicas. Suas florações provocaram a interdição do rio para pesca ou banho e toda população precisou ser alertada dos possíveis riscos.

A média geral entre os meses de agosto e outubro, à jusante do perímetro urbano (ponto 2), demonstrou um IET de $62,3 \pm 0,3$ IET, com coeficiente de variação de 0,01% (Figura 55); observado 12,5% de IET dentro da faixa de mesotrófico, 50% das ocorrências dentro da faixa de eutrófico e 37,5% de supereutrófico. O que caracterizou tal local com um estado de trofia alto, ou seja, 87,5% de IET com concentração elevada de nutrientes.

O local próximo à foz (ponto 3) teve uma média geral de $61,9 \pm 0,8$ IET, com coeficiente de variação de 0,01%. Onde 88% ficaram dentro da faixa de eutrófico e 12,5% dentro da faixa de supereutrófico (Figura 56). Volta-se a salientar aqui a questão das cargas potenciais difusas, devido a ser esta uma área de produção agrícola, pecuária e aviários, onde se utilizam desde fertilizantes (que contem fósforo), até outras substâncias como medicamentos veterinários, insumos agrícolas e outros que derivam em fósforo no meio ambiente.

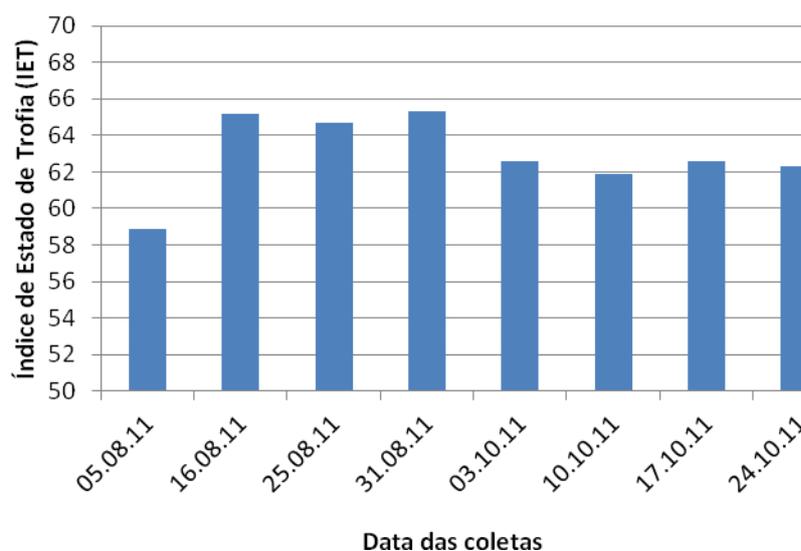


FIGURA 55 - Índice de estado de trofia nos meses de agosto e outubro de 2011, no local de monitoramento à jusante do perímetro urbano.

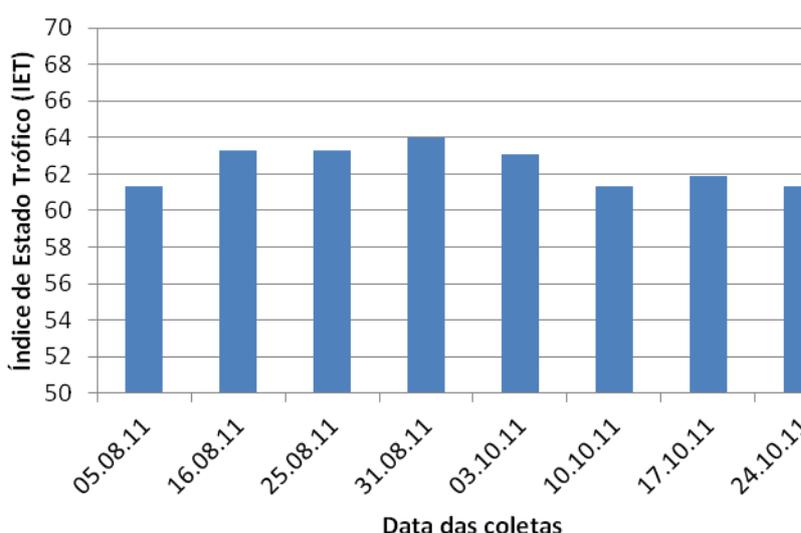


FIGURA 56- Índice de estado de trofia nos meses de agosto e outubro de 2011, no local de monitoramento próximo a foz do rio Marrecas.

Como a sazonalidade influencia fortemente nos processos de eutrofização dos corpos hídricos, fica claro a variação no decorrer de um ano de acompanhamento e sabe-se que em determinadas épocas ocorre uma maior probabilidade da ocorrência de processos de eutrofização e em outros este processo é amplamente amenizado. Em geral, no início da primavera, com o aumento da temperatura da água, ocorre também uma maior disponibilidade de nutrientes na água, assim como as condições de penetração de luz são maiores, observando-se

um incremento do processo, após o período de inverno, no qual é menos intenso (ANA, 2005).

Nesse sentido, a determinação do grau de eutrofização médio anual de um corpo hídrico pode não identificar, de forma explícita, as variações que ocorreram ao longo do período anual. Assim sendo, os resultados obtidos permitem dizer que o comportamento da variável avaliada é instável. Há períodos em que o estado trófico indica melhoria na qualidade da água e há períodos em que os valores alcançados tornam-se críticos, indicando deterioração na qualidade das águas.

Ao descrever o índice de estado trófico encontrado no rio Pariquera-Açu no Vale do Ribeira em São Paulo, Cunha (2007) demonstra que em janeiro de 2007, o IET médio variou entre 40 (Ponto 1) e 76 (Ponto 9), onde os Pontos 1 e 2 foram classificados como oligotróficos, os pontos 3 e 4, como mesotróficos e os pontos 5, 6, 7, 8 e 9, como eutrófico. Já em julho de 2007, o IET médio oscilou entre 40 (Ponto 3) e 72 (Ponto 9), onde somente o Ponto 3 foi classificado como oligotrófico, pois os Pontos 1, 2, 4 e 5 apresentaram valor de IET médio típico de ambientes mesotróficos e os Pontos 6, 7, 8 e 9, de ambientes eutrófico. Cunha (2007) cita ainda que durante sua pesquisa, acabou sofrendo com algumas alterações bruscas do tempo, pois ele contava com estiagem no mês de julho de 2007 e acabou se deparando com uma precipitação muito superior ao esperado, não sendo possível comparar o IET médio em períodos chuvosos e de estiagem, já que julho de 2007 chegou a apresentar, nos dias de coleta, precipitação pluviométrica mais intensa que aquela verificada durante os dias de amostragem em janeiro de 2007. Ocorrência que também caracteriza esta pesquisa sobre o rio Marrecas.

5.5 VAZÃO

Verificou-se a vazão nos locais de monitoramento a cada coleta de amostra de água do rio Marrecas, nos três locais distintos (perímetro urbano: a montante e a jusante, e próximo à foz com o rio Santana), nos períodos de agosto e outubro de 2011, período escolhido devido a apresentar as maiores e menores médias pluviométricas dos últimos 30 anos.

Sendo que no ano de 2011 as pluviosidades foram bastante atípicas para o período pré-estabelecido (Figura 57), onde o mês de agosto apresentou uma

pluviosidade 3 vezes maior (total de 348,8mm) do que a média máxima de agosto dos últimos 30 anos na região (107,7mm) e o mês de outubro apresentou uma pluviosidade de 295,3mm e ficou dentro do esperado para a média histórica (256,3mm) (IAPAR, 2011).

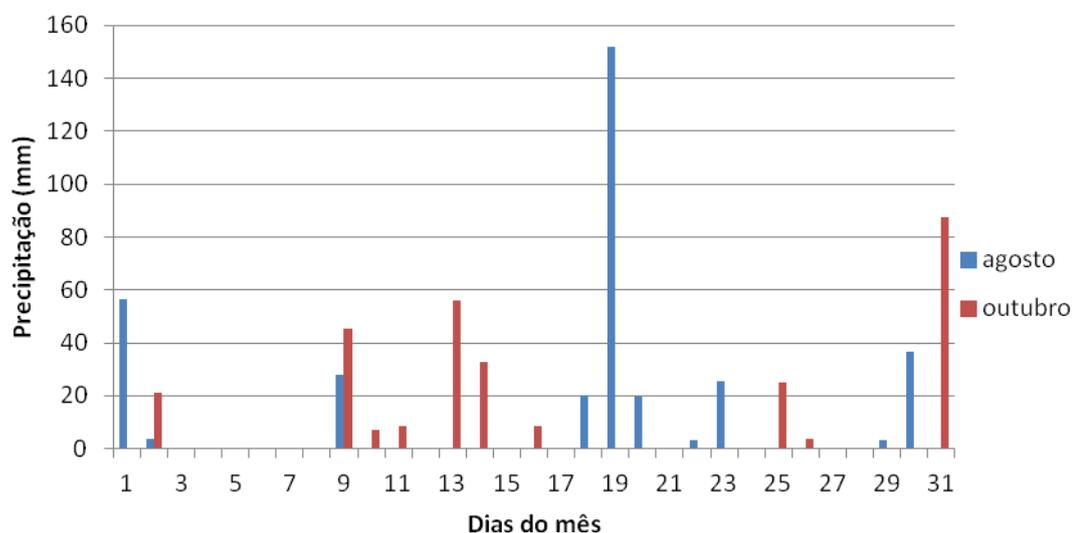


FIGURA 57- Pluviosidades diárias dos meses de agosto e outubro de 2011/ Francisco Beltrão/PR*

Fonte: IAPAR, 2011

*As leituras são efetuadas diariamente as 09h00min horas, sendo o total das últimas 24 horas.

Mesmo com as grandes alterações pluviométricas ocorridas no mês de agosto de 2011, o propósito da pesquisa em se analisar a qualidade da água do rio Marrecas nos meses de agosto e outubro (em virtude das medias históricas), foi mantido. Assim, ao se avaliar o comportamento do rio no mês de outubro observou-se uma média pluviométrica grande, mas bastante esparsa, onde houveram períodos chuvosos isolados, como entre os dias 09 e 16, que choveu 165,5mm; e nos dias 17 a 24 que apresentou tempo seco.

Recorda-se que a classificação de tal bacia, pela norma CONAMA 357/05, é como bacia de classe 2, o que significa que suas águas estão em condições de serem utilizadas para abastecimento doméstico, após receberem tratamento, entre outros usos (FERRETTI, 1998).

No local de monitoramento à montante do perímetro urbano (ponto 1), a vazão média do mês de agosto foi de $8,6 \pm 4,9 \text{ m}^3/\text{s}$, com coeficiente de variação de 0,5% (Figura 58). A pluviosidade do período foi de 348,8mm e a maior vazão foi na terceira coleta ($14,1 \text{ m}^3/\text{s}$), quando a pluviosidade total dos últimos dias chegou a

220,5mm. No mês de outubro a média foi de $6,09 \pm 5,9 \text{ m}^3/\text{s}$, com coeficiente de variação de 0,9%. A pluviosidade total do período foi de 295,3mm. Na terceira coleta do mês de outubro a vazão foi de $13,5 \text{ m}^3/\text{s}$, com uma pluviosidade nos últimos dias em torno de 41,2mm. A correlação entre pluviosidade e vazão neste local de monitoramento foi positiva e moderada ($r^2=0,448$).

Também se observa uma correlação direta entre algumas variáveis e a vazão, sendo que para tal análise utilizou-se as médias mensais de todas variáveis, conforme apêndice 2.

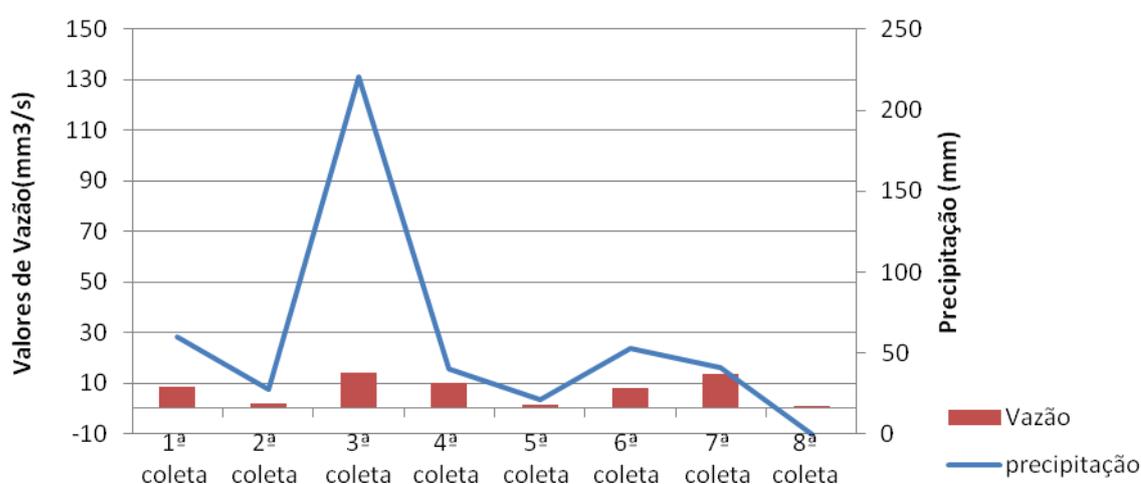


FIGURA 58- Valores de vazão e precipitação no local de monitoramento à montante do perímetro urbano, nos meses de agosto e outubro de 2011.

Quanto aos demais resultados obtidos no monitoramento à montante (ponto 1), observou-se uma correlação entre a vazão e a DBO, onde quando a vazão diminui a DBO aumenta, assim como no caso da DQO, do Nitrogênio Total, do Fósforo, dos sólidos totais, da condutividade, dos sólidos totais dissolvidos e da taxa de coliformes termotolerantes (Tabela 9).

As fontes de poluentes, responsáveis por tais aumentos nos períodos de cheia, vão desde as derivadas da área rural, anterior a tal local de monitoramento, como criação de suínos, pecuária, aviários e agricultura; até as derivadas de fontes urbanas, como lixo doméstico e industrial.

Tabela 9- Médias dos resultados das variáveis no local de monitoramento à montante do perímetro urbano

Variáveis / Período	DBO	DQO	Nitrog	Fósf.	Sólid totais	OD	pH	T°C	Turb.	Cond.	STD	Colif. Term	Vazão
Agosto	15,5	7,08	4,45	0,29	57,75	7,85	7,45	15,25	79,32	34,45	24,12	165,5	8,64
Outubro	16,03	7,13	10,88	2,33	125	7,28	7,56	19,75	39,98	117,28	82,09	448,5	6,05

Apenas as variáveis OD e Turbidez tem correlação contrária as demais, pois quando a vazão aumenta, elas aumentam também. Onde no caso do OD o fato se deve ao aumento no movimento das águas em períodos de vazão aumentada; fato este que provoca aumento da turbidez consequentemente, pelo maior movimento de sólidos no corpo d'água.

As variáveis pH e T°C correlacionam-se entre si e não sofrem influência direta da vazão, conforme observado (Figura 59).

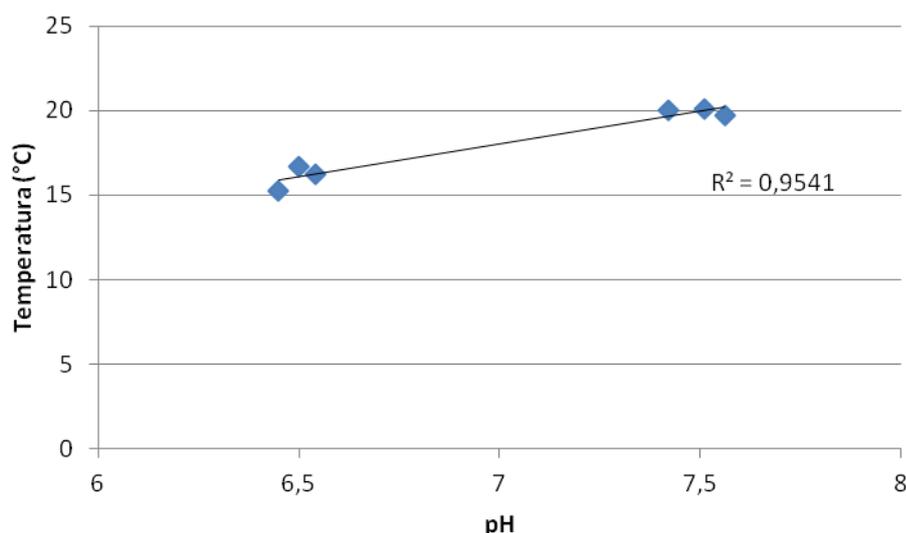


FIGURA 59 - Correlação entre alterações de pH e temperatura da água nos três locais de monitoramento

A média de vazão no mês de agosto no local de monitoramento à jusante (ponto 2) foi de $38,8 \pm 12 \text{ m}^3/\text{s}$, com coeficiente de variação de 0,3% (Figura 60). A pluviosidade do período foi de 348,8mm. Onde a maior vazão foi na terceira coleta ($55,8 \text{ m}^3/\text{s}$), quando a pluviosidade total dos últimos dias deu 220,5mm.

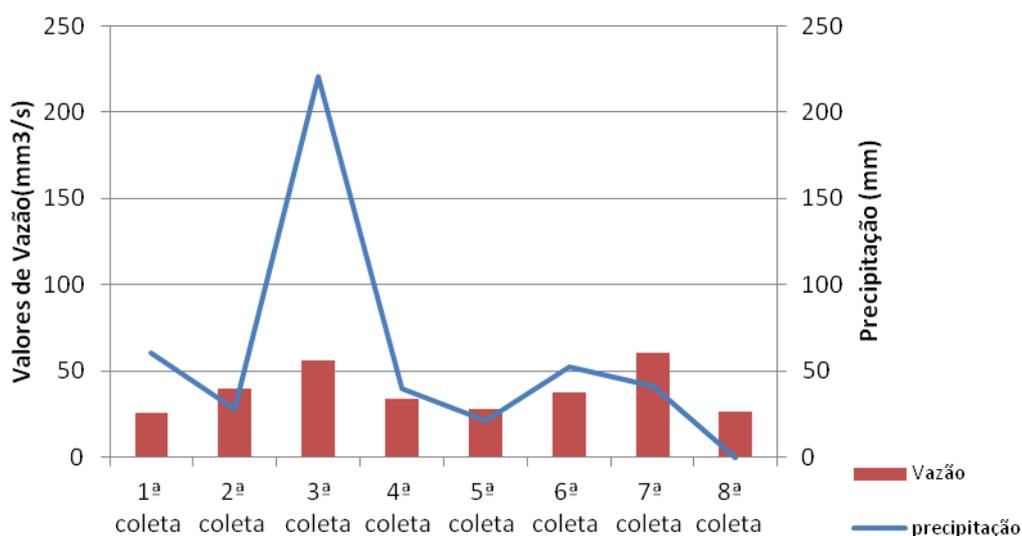


FIGURA 60 - Valores de vazão e precipitação do local de monitoramento à jusante do perímetro urbano nos meses de agosto e outubro de 2011.

A vazão média no mês de outubro foi de $38,05 \pm 15 \text{ m}^3/\text{s}$, com coeficiente de variação de 0,4%, com 295,3mm de pluviosidade total do período. Na quarta coleta do mês de outubro a vazão foi de $37,4 \text{ m}^3/\text{s}$, com uma pluviosidade nos últimos dias em torno de 52,6mm. A correlação entre pluviosidade e vazão neste local de monitoramento foi positiva e moderada ($r^2=0,312$).

As médias mensais das variáveis do local de monitoramento a jusante (ponto 2) mostram que a vazão média do período manteve-se sem maiores alterações, embora os valores tenham oscilado bastante, concluindo-se que no mês de agosto as vazões foram maiores que no mês de outubro (Tabela 10).

Tabela 10 - Médias dos resultados das variáveis a jusante do perímetro urbano

Váriaveis / Período	DBO	DQO	Nitrog.	Fósf.	Sólidos totais	OD	pH	T°C	Turb.	Conduct.	STD	Colif.T	Vazão
Agosto	20,58	10,5	4,63	2,11	78,75	7,83	6,5	16,68	114,35	644,78	451,34	1725	38,8
Outubro	36,33	18,13	1,73	0,43	96	7,45	7,51	20,13	41,33	298,05	208,64	2066,67	38,05

Assim, os dados das variáveis de monitoramento que aumentaram quando a vazão esteve maior (correlação positiva) foram o nitrogênio total, o fósforo total, o OD, a turbidez, a condutividade e os STD.

Acredita-se que neste local de monitoramento este perfil assim se apresente devido as características das cargas de poluentes do local, que recebe desde

poluentes industriais como domésticos, que são mais facilmente carregados pelas águas superficiais derivadas das chuvas, por ser este um ambiente urbano.

As variáveis que aumentaram com a diminuição da vazão foram a DBO, a DQO, os sólidos totais e os coliformes termotolerantes (correlação negativa). Razão explicada pelo aumento na concentração dos mesmos em períodos em que o rio apresenta um baixo nível de água. Tais cargas são constantes e demonstram que quando a vazão aumenta elas se diluem e quando a vazão baixa elas concentram.

A média de vazão, no local próximo a foz (ponto 3), no mês de agosto foi de $68,6 \pm 38 \text{ m}^3/\text{s}$, com coeficiente de variação de 0,5% (Figura 61). A pluviosidade do período foi de 348,8mm. Onde a maior vazão foi na terceira coleta ($116,4 \text{ m}^3/\text{s}$), quando a pluviosidade total dos últimos dias atingiu 220,5mm.

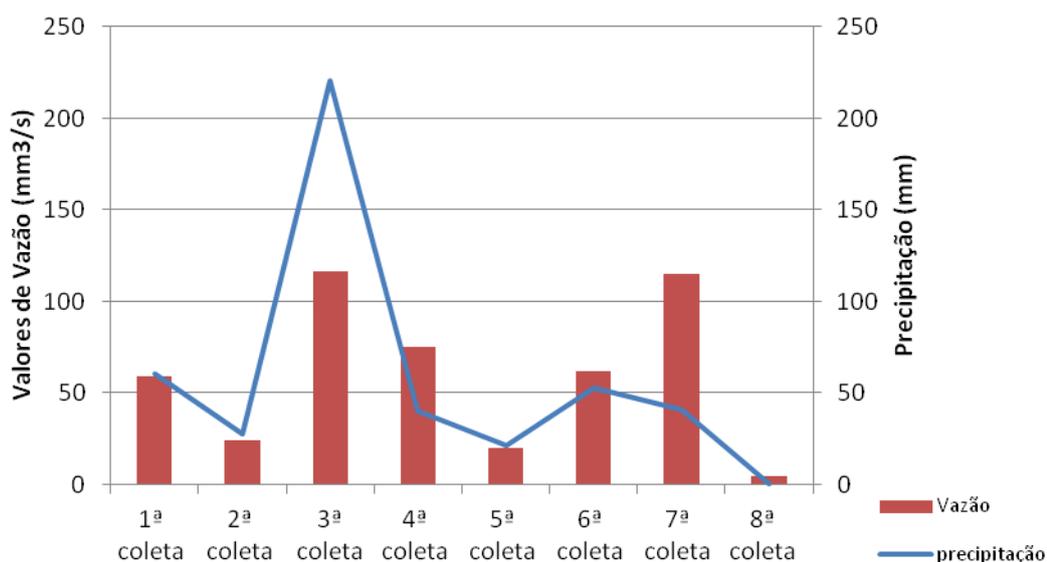


FIGURA 61- Valores de vazão e precipitação no local de monitoramento próximo a foz do rio Marrecas, nos meses de agosto e outubro de 2011.

No mês de outubro de 2011 a média da vazão foi de $50,2 \pm 49 \text{ m}^3/\text{s}$, com coeficiente de variação de 0,9%. A pluviosidade total do período foi de 295,3mm. Na terceira coleta do mês de outubro a vazão foi de $105 \text{ m}^3/\text{s}$, com uma pluviosidade nos últimos dias em torno de 41,2mm. A correlação entre pluviosidade e vazão neste local de monitoramento foi positiva e moderada ($r^2=0,467$).

Ao se correlacionar a vazão do local próximo a foz (ponto 3) (Tabela 11) com as médias dos resultados obtidos para as variáveis, observa-se que este local difere bastante dos demais, pois quando a vazão aumenta (agosto/2011), aumentam também as taxas de DBO, DQO, Nitrogênio Total, Fósforo, OD, Condutividade e

STD (correlação positiva). Sendo esta uma área agrícola, este resultado provavelmente se deva ao carreamento de poluentes pelas águas superficiais das chuvas derivadas de lavouras, pecuária, aviários entre outros.

Tabela 11- Médias dos resultados das variáveis próximo a foz do rio Marrecas

Váriaveis / Período	DBO	DQO	Nitrog.	Fósf.	Sólidos totais	OD	pH	T°C	Turb.	Condut.	STD	Colif.T	Vazão
Agosto	23,68	12,18	4,46	0,98	63	7,48	6,54	16,25	48,8	634,18	443,92	665	68,65
Outubro	17,65	8,83	1,4	0,38	80	7,2	7,42	20	98	101,28	70,89	1246,67	50,28

As variáveis que aumentaram com a diminuição da vazão foram os sólidos totais, a turbidez e os coliformes termotolerantes. Situação que retrata uma maior concentração destas variáveis em virtude de um menor fluxo de água no rio, que deve sofrer um aporte constante de poluentes domésticos e da agropecuária.

5.6 PODER DE DEPURAÇÃO OU AUTODEPURAÇÃO DO CORPO HÍDRICO

O processo de autodepuração pode ser dividido em duas etapas, que são o de decomposição e o de reaeração, onde no primeiro observa-se através de análises laboratoriais a quantidade de oxigênio que este corpo hídrico está necessitando para decompor a matéria orgânica presente, como na análise de Demanda Bioquímica de Oxigênio – DBO. Em outras palavras o oxigênio dissolvido vai ser consumido pelos microrganismos diminuindo a quantidade do oxigênio pela digestão da matéria orgânica. Conhecendo a DBO, pode-se determinar o impacto existente ou não no corpo hídrico. No segundo observa-se a recuperação de oxigênio dissolvido ou reaeração, que seria derivada da existência de turbulências na água, sendo uma forma de dissolver o oxigênio consumido pelos microrganismos. As duas etapas ocorrem simultaneamente e aliadas a outras variáveis como a vazão do rio são responsáveis pelo processo de autodepuração de um corpo hídrico (NUNES, 2008).

Segundo BRANCO (1978), os poluentes que atingem um corpo hídrico, sofrem um processo natural de neutralização através da diluição, da sedimentação e da estabilização química dos mesmos, sendo isso chamado autodepuração.

Esta pesquisa trabalhou a questão de avaliação do poder de depuração do rio Marrecas através de análises laboratoriais de qualidade da água em três locais de monitoramento, nos meses de agosto e outubro de 2011. O local a montante do perímetro urbano (ponto 1) objetivou verificar qual a qualidade da água que chega à área urbana de Francisco Beltrão, a jusante do perímetro urbano (ponto 2) como ela está saindo da área urbana e o próximo a foz com o rio Santana (ponto 3), para avaliar se este rio está conseguindo depurar a carga de poluentes derivados das ações antrópicas da cidade.

Utilizou-se mais especificamente para este fim as análises de DBO, DQO e OD, avaliando-se as diferenças de seus índices entre os locais monitorados.

A relação média no mês de agosto (Figura 62) demonstra que a poluição do período só não foi depurada, como também foi complementada por uma maior carga no trajeto entre a chegada a área urbana e a foz deste rio.

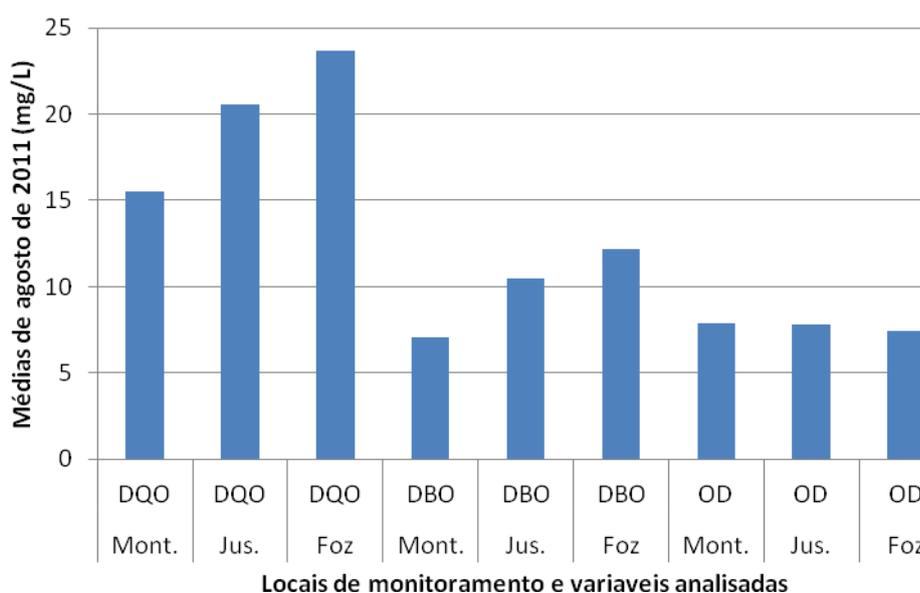


FIGURA 62- Médias de DQO, DBO e OD dos locais de monitoramento do rio Marrecas, em agosto de 2011.

Na primeira coleta de agosto o local a montante do perímetro urbano (ponto 1) obteve média de DQO de $15,5 \pm 8,84$ mg/L., já a jusante (ponto 2) o valor ficou em $20,58 \pm 6,1$ mg/L e o próximo a foz (ponto 3) de $23,6 \pm 4,5$ mg/L, demonstrando aumento significativo de montante a foz.

A DBO por sua vez teve um valor de $7,08 \pm 3,7$ mg/L a montante (ponto 1), $10,5 \pm 1,3$ mg/L a jusante (ponto 2) e $12,18 \pm 2,7$ mg/L próximo a foz (ponto 3), também retratando aumento de taxas e não ocorrência de depuração em agosto.

O oxigênio dissolvido teve a montante (ponto 1) uma média de $7,85\pm 0,2\text{mg/L}$, a jusante (ponto 2) ficou em $7,82\pm 0,4\text{mg/L}$ e próximo a foz (ponto 3) de $7,4\pm 0,3\text{mg/L}$, mostrando um maior consumo de oxigênio dissolvido próximo a foz, confirmado pelos aumentos de DQO e de DBO.

Recorda-se a alta pluviosidade do período (348,8mm) como um carreador de vários poluentes, por meio das águas superficiais.

As médias do período de outubro de 2011 (Figura 63) demonstraram valores em declive, acenando para uma situação mais adequada quanto ao poder de depuração do rio Marrecas.

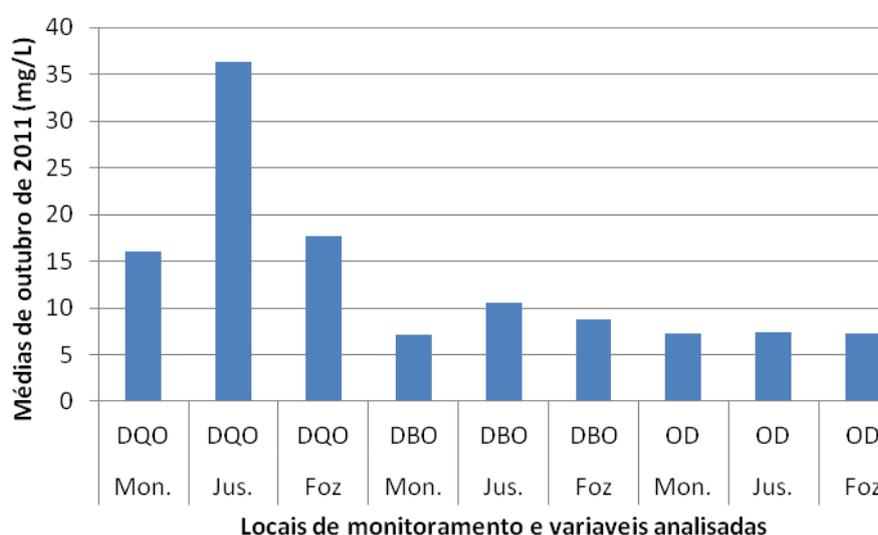


FIGURA 63- Médias de DQO, DBO e OD dos locais de monitoramento do rio Marrecas, em outubro de 2011.

O local a montante do perímetro urbano (ponto 1) teve em outubro uma média de DQO de $16,02\pm 21\text{mg/L}$, à jusante (ponto 2) obteve $36,3\pm 29\text{mg/L}$ e próximo à foz (ponto 3) chegou a $17,6\pm 10\text{mg/L}$, demonstrando que o rio adquire uma maior concentração de poluentes no perímetro urbano, mas consegue trabalhar a diluição desta, depurando-a e chegando próximo a foz em melhores condições, embora não tão boas quanto a montante, mas próximo.

Para DBO, os índices foram semelhantes, onde a montante (ponto 1) a média foi de $7,12\pm 9,5\text{mg/L}$, a jusante (ponto 2) chegou a $10,5\pm 1,3\text{mg/L}$ e próximo a foz (ponto 3) foi $8,8\pm 5\text{mg/L}$.

O oxigênio dissolvido apresentou valor médio de $7,27\pm 0,05\text{mg/L}$ a montante (ponto 1), $7,45\pm 0,4\text{mg/L}$ a jusante (ponto 2) e próximo a foz (ponto 3) chegou a $7,2\pm 0,4\text{mg/L}$.

6 CONCLUSÃO

A pesquisa de análise de indicadores de qualidade do rio Marrecas, realizada no período de agosto e outubro de 2011, em distintos locais do seu trajeto no médio vale: antes e após a área urbana e próximo a sua foz; derivou em resultados que demonstram a necessidade de um trabalho de conservação mais específico no rio que é fonte abastecedora de água, para este e outros municípios da região sudoeste do Paraná.

Ao se analisar os resultados isolados por variável, observa-se que algumas apresentaram índices dentro dos limites estipulados pela legislação, como no caso do oxigênio dissolvido que teve uma média geral de 7mg/L O₂, enquanto o mínimo exigido pela CONAMA 357/2005 é de 5mg/L O₂. Também o índice de pH, que manteve-se na faixa de 7,0; a temperatura da água, a turbidez e os sólidos totais mantiveram-se dentro da faixa de normalidade.

Embora o período tenha apresentado pluviosidade atípica e fora do esperado, observa-se que em agosto ela foi acima do esperado e em outubro, apesar de dentro da media, também foi elevada. Assim, os resultados obtidos retratam que os valores de turbidez média mantiveram-se dentro dos padrões máximos estipulados pela CONAMA 357/2005 de 100NTU, onde se observou alterações acima do permitido com ocorrências isoladas em períodos de alta pluviosidade, como na região posterior a área urbana da cidade, no mês de agosto de 2011.

Os padrões de qualidade da água para consumo humano preconizados pela Organização Mundial da Saúde (OMS) fixam um teor máximo desejável de sólidos totais em 500 mg/L e o teor máximo permissível de 1500 mg/L (MACEDO, 2006), valores não observados nesta pesquisa e que levam a conclusão de que a água do rio Marrecas apresenta-se dentro dos padrões de qualidade desejável a OMS, para tais índices.

Os demais índices tiveram uma variação considerável no período de avaliação, como no caso dos coliformes termotolerantes, que na região anterior a área urbana da cidade de Francisco Beltrão, em apenas um episódio de coleta ficou acima do valor máximo permitido de 1000NMP/100ml, relacionado a fontes difusas de poluição como a matéria orgânica que ocasionalmente alcançam o corpo d'água, pois este local se localiza posterior a uma região agropastoril e centrada em parte do

bairro Marrecas, que conta com moradias, acampamento e indústrias; demonstrando ser amplamente influenciado pelo tipo de aporte de matéria orgânica. Quanto aos resultados de nitrogênio total, observou-se certa homogeneidade, onde os três locais de monitoramento obtiveram no mês de agosto 100% dos episódios acima do limite máximo permitido e em outubro, a área anterior a urbana teve 75% dos episódios abaixo do limite máximo de 1,27mg/L. Os índices de fósforo total demonstraram que tanto no mês de agosto como em outubro, houve a ocorrência de uma parcela de 50% abaixo do valor máximo permitido de 0,1mg/L e 50% acima. Os sólidos totais dissolvidos ficaram em 100% das ocorrências dentro dos limites. Para condutividade, a média foi de $34,4 \pm 10,3$ $\mu\text{S}/\text{cm}$, em agosto e $117,2 \pm 97$ $\mu\text{S}/\text{cm}$ em outubro, o que seguindo o padrão de Chapman (1996), conclui-se que os valores de condutividade apresentaram-se acima do máximo para águas naturais (10 a $100\mu\text{S}/\text{cm}$) e abaixo do estipulado para águas poluídas ($1000 \mu\text{Scm}^{-1}$).

Os resultados do monitoramento na região próxima ao final da área urbana do município destacam a real situação do rio nesta área. Onde em relação aos índices de coliformes termotolerantes, em 75% das coletas de agosto e em 100% das de outubro, ficaram acima do valor máximo permitido, observando-se que neste local o aporte de poluentes é contínuo e de fontes pontuais como as derivadas dos esgotos dos bairros de moradias, indústrias e efluentes da estação de tratamento de esgoto da cidade. Tal área apresentou, quanto a variável nitrogênio total, 100% dos episódios acima do limite máximo permitido no mês de agosto e no mês de outubro 25% dos episódios. Para a variável fósforo total, observou-se somente uma ocorrência no mês de agosto que ficou abaixo do limite máximo permitido, estando no restante dos episódios de coleta acima do limite. Para os sólidos totais dissolvidos, no mês de agosto, 50% dos episódios de coleta apresentaram-se com valores acima do máximo permitido de 500mg/L e em outubro 25% ficaram acima. A condutividade média em agosto foi de $644,7 \pm 708$ $\mu\text{S}/\text{cm}$, e em outubro foi de 298 ± 475 $\mu\text{S}/\text{cm}$.

Próximo à foz (ponto 3), os resultados do monitoramento para a variável coliformes termotolerantes constataram que em agosto, 75% das coletas ficaram dentro do limite máximo estabelecido e em outubro 25%. Quanto a variável nitrogênio total, 100% dos episódios ficaram acima do limite máximo permitido no mês de agosto e 25% em outubro. Os índices de fósforo total, apresentaram 100% dos episódios acima do limite. Para a variável sólidos totais dissolvidos, em agosto

os valores ficaram 50% das ocorrências dentro dos limites e em outubro 100%. A condutividade média em agosto foi de $634 \pm 680 \mu\text{S/cm}$, e em outubro ficou em $101,2 \pm 118 \mu\text{S/cm}$.

Ao se classificar os resultados de forma temporal (agosto e outubro) e espacial (locais de monitoramento) para interpretação do índice de qualidade da água (IQA) do rio Marrecas, no protocolo de avaliação da ANA (ANA, 2005), verificou-se que os dados obtidos no monitoramento do mês de agosto de 2011, inserem-se em sua maioria na classificação de “regular”. Onde na região anterior a área urbana a classificação de qualidade da água ficou como “regular” em sua maioria (100%). Já na área após o perímetro urbano, em 75% dos casos a classificação ficou dentro da faixa de “ruim” e 25% dentro da faixa de “regular”. Próximo a foz (ponto 3) o índice manteve-se na faixa de “regular”. Na classificação de “muito ruim”, não foram encontradas ocorrências, assim como dentro da classificação “boa” e “excelente”.

No mês de outubro o IQA da área anterior ao perímetro urbano ficou 25% dentro da faixa considerada “ruim”, 50% em “regular” e 25% “boa”. Onde se verificou a ocorrência de uma alta taxa de Nitrogênio total no período (42mg/L) e também de coliformes termotolerantes (1200NMP/100ml) associada a uma baixa vazão (1,3 m³/s), que correspondem a valores que se inseridos no cálculo de IQA, derivam em alterações significativas finais. A área posterior ao perímetro urbano teve no período um valor de 100% dentro da faixa de “regular”, assim como a região próxima à foz do rio Marrecas com o rio Santana (ponto 3).

Conclui-se que o IQA médio do período analisado do rio Marrecas em seu médio e baixo vale, entre os meses de agosto e outubro de 2011, ficou na faixa de “regular”. Onde a área anterior ao perímetro urbano apresentou-se 75% dos episódios de coleta dentro da faixa “regular, 12,5% na faixa de “boa” e 12,5% na “ruim”. A região posterior ao perímetro urbano ficou 62,5% como “regular” e 37,5% “ruim”. A área próximo a foz (ponto 3) apresentou IQA médio 100% na faixa “regular”.

A relação DQO/DBO demonstra a biodegradabilidade dos despejos/matéria orgânica, classificando-se em “baixa” e “alta” relação, onde a baixa é quando a fração biodegradável é elevada. Tal relação demonstrou que as três áreas de monitoramento apresentaram uma carga de poluentes com grande fração não biodegradável, ou seja, que não pode ser decomposta por microrganismos,

caracterizando um efeito residual final que vem a poluir o solo, as águas subterrâneas e as diversas formas de vida existentes no corpo hídrico envolvido. Elas geralmente derivam de resíduos industriais, petróleo, detergentes, fertilizantes, agrotóxicos, entre outros.

Quanto à avaliação do índice de estado trófico, a média na área anterior ao perímetro urbano foi de $61,8 \pm 3,3$ IET; estando desta forma dentro uma faixa de valor classificada como eutrófico. Mas sofreu alterações durante o período das coletas, ficando em 37,5% dos casos dentro da faixa de mesotróficos, 12,5% no supereutrófico e 50% no de eutrófico. Na área posterior ao perímetro urbano, a média geral entre os meses de agosto e outubro demonstrou um IET de $62,3 \pm 0,3$ IET, de modo que é possível classifica-lo como eutrofico. Observou-se 12,5% dentro da faixa de mesotrófico, 50% eutrófico e 37,5% dentro da faixa de supereutrófico, demonstrando que tal local apresenta um estado de trofia preocupante, pois apresenta 87,5% de IET com concentração elevada de nutrientes.

A região do rio Marrecas próximo à confluência com o rio Santana teve uma média geral de $61,9 \pm 0,8$ IET (eutrófico), com 88% na faixa de eutrófico e 12,5% dentro da faixa de supereutrófico. Volta-se a salientar aqui a questão das cargas potenciais difusas, devido a ser esta uma área de produção agrícola, pecuária e aviários, onde se utilizam desde fertilizantes (que contem fósforo), até outras substâncias como medicamentos veterinários, insumos agrícolas e outros que derivam em fósforo no meio ambiente.

Na avaliação da correlação entre a vazão e as demais variáveis de monitoramento, observa-se que os resultados da variável coliformes termotolerantes apresentam correlação linear positiva baixa ($r^2 < 0,3$), tendo um aporte diferenciado. Já nas demais variáveis a correlação linear é positiva ($r^2=1$) e demonstra que a vazão influencia na concentração dos mesmos no corpo hídrico.

Na região anterior a área urbana da cidade observa-se uma forte correlação negativa entre a vazão e a DBO, onde quando a vazão diminui a DBO aumenta, assim como no caso da DQO, do Nitrogênio Total, do Fósforo, dos sólidos totais, da condutividade e dos sólidos totais dissolvidos ($r^2=-1$). As fontes de poluentes são difusas responsáveis por tais aumentos vão desde as derivadas da área rural, anterior a tal local de monitoramento, como criação de suínos, pecuária, aviários e agricultura; até as derivadas de fontes urbanas, como lixo doméstico e industrial.

Apenas as variáveis OD e Turbidez tem correlação contrária as demais, pois quando a vazão aumenta, elas aumentam também. Onde no caso do OD o fato se deve ao aumento no movimento das águas em períodos de vazão aumentada; fato este que provoca aumento da turbidez consequentemente, pelo maior movimento de sólidos no corpo hídrico.

As variáveis pH e T°C correlacionam-se entre si e não sofrem influência direta da vazão.

Quanto a área posterior ao perímetro urbano, a média de vazão no mês de agosto foi de $38,8 \pm 12 \text{ m}^3/\text{s}$ e a pluviosidade do período foi de 348,8mm. Onde a maior vazão foi na terceira coleta ($55,8 \text{ m}^3/\text{s}$), quando a pluviosidade total dos últimos dias chegou a 220,5mm. No mês de outubro a média foi de $38,05 \pm 15 \text{ m}^3/\text{s}$ e a pluviosidade total do período foram de 295,3mm. Na quarta coleta do mês de outubro a vazão foi de $37,4 \text{ m}^3/\text{s}$, com uma pluviosidade nos últimos dias em torno de 52,6mm.

Os dados das variáveis de monitoramento que aumentaram juntamente com a vazão foram o Nitrogênio total, o fósforo total, o OD, a turbidez, a condutividade e os STD. Neste local de monitoramento este perfil assim se apresenta devido as características das cargas de poluentes do local, que vão desde poluentes industriais a domésticos e que são mais facilmente carregados pelas águas superficiais derivadas das chuvas, por ser este um ambiente urbano. Já as variáveis que aumentaram com a diminuição da vazão foram a DBO, a DQO, os sólidos totais e em certos casos os coliformes termotolerantes. Razão explicada pelo aumento na concentração dos mesmos em períodos em que o rio apresenta um baixo nível de água. Conclui-se que tal local sofre um aporte pontual e constante de tais cargas, caracterizado pelo fato de quando a vazão aumentar elas se diluírem e quando a vazão baixar elas concentrarem.

A média de vazão, na área próxima a foz do rio Marrecas (ponto 3), no mês de agosto foi de $68,6 \pm 38 \text{ m}^3/\text{s}$ e a pluviosidade do período foi de 348,8mm. Onde a maior vazão foi na terceira coleta ($116,4 \text{ m}^3/\text{s}$), quando a pluviosidade total dos últimos dias deu 220,5mm. Em outubro foi de $50,2 \pm 49 \text{ m}^3/\text{s}$, com pluviosidade total do período foi de 295,3mm. Na terceira coleta do mês de outubro a vazão foi de $105 \text{ m}^3/\text{s}$, com uma pluviosidade nos últimos dias em torno de 41,2mm. A correlação da vazão de tal área com as médias dos resultados obtidos para as variáveis mostra que este local difere bastante dos demais, pois quando a vazão aumenta

(agosto/2011), aumentam também as taxas de DBO, DQO, Nitrogênio Total, Fósforo, OD, Condutividade e STD. Por ser esta uma área agrícola, este resultado provavelmente se deva ao carreamento de poluentes pelas águas superficiais das chuvas derivadas de lavouras, pecuária, aviários entre outros. Lembra-se também da carga que deriva da área urbana de Francisco Beltrão e quando não depurada chega a este local.

As variáveis que aumentaram com a diminuição da vazão foram os sólidos totais, a turbidez e ocasionalmente os coliformes termotolerantes. Situação que retrata uma maior concentração destas variáveis em virtude de um menor fluxo de água no rio, que deve sofrer um aporte constante de poluentes domésticos e da agropecuária.

Esta pesquisa trabalhou também com o objetivo de alcançar dados para discutir e avaliar o poder de depuração do rio Marrecas através das mesmas análises laboratoriais de qualidade da água nos locais de monitoramento, durante os meses de agosto e outubro de 2011.

Os resultados quanto à avaliação do poder de depuração do rio Marrecas na área anterior ao perímetro urbano do município focou-se em ver qual a qualidade da água que chega à área urbana de Francisco Beltrão, para então na região posterior a área urbana verificar como esta água está saindo e próximo a foz, finalmente concluir se este rio está conseguindo depurar a carga de poluentes derivados das ações antrópicas da cidade. Utilizando-se mais especificamente para este fim dos resultados das análises de DBO, DQO e OD, avaliando-se as diferenças de seus índices entre os locais a montante, a jusante e a foz.

A relação média no mês de agosto constata que a poluição do período só não foi depurada, como também foi complementada por uma maior carga no trajeto entre a saída da área urbana e a foz deste rio. Na primeira coleta de agosto a área na saída da cidade (ponto 2) obteve média de DQO de $20,58 \pm 6,1$ mg/L e próximo a foz (ponto 3) a média foi de $23,6 \pm 4,5$ mg/L, o que demonstra aumento da variável. A DBO por sua vez teve um valor de $10,5 \pm 1,3$ mg/L na região posterior a área urbana e $12,18 \pm 2,7$ mg/L próximo a foz, demonstrando mais uma vez um aumento no resultado da variável. O oxigênio dissolvido teve inicialmente uma média de $7,8 \pm 0,4$ mg/L no local posterior ao perímetro urbano e um valor médio de $7,4 \pm 0,3$ mg/L, próximo a foz. Demonstrando um maior consumo de oxigênio dissolvido na região próximo a foz e confirmando os aumentos de DQO e de DBO no

período. Salienta-se também a alta pluviosidade do período (348,8mm) como um carreador, por meio das águas superficiais, de vários poluentes.

As médias do período de outubro de 2011 demonstraram valores em declive, acenando para uma situação mais adequada quanto ao poder de depuração do rio Marrecas. O monitoramento da região posterior ao perímetro urbano (ponto 2) teve em outubro uma média de DQO de $36,3 \pm 29$ mg/L e na área próximo a foz (ponto 3) foi de $17,6 \pm 10$ mg/L, demonstrando que o rio conseguiu trabalhar a diluição da carga de poluentes urbanos encontrada na primeira área. Para DBO, os índices foram semelhantes, onde na área de saída de região urbana a média foi de $10,5 \pm 1,3$ mg/L e na foz foi de $8,8 \pm 5$ mg/L. O oxigênio dissolvido na região de saída da área urbana foi de $7,45 \pm 0,4$ mg/L e próximo a foz foi de $7,2 \pm 0,4$ mg/L, sendo uma diferença bastante insignificante diante as diferenças de DBO e de DQO observadas.

Finaliza-se esta conclusão sobre o monitoramento da qualidade da água do rio Marrecas em seu médio e baixo curso, salientando-se que, por meio do índice de qualidade da água (IQA), observou-se que as águas deste rio são de qualidade regular em sua maioria; mas com episódios classificados como ruins. As fontes poluidoras vão desde as pontuais (indústrias, esgotos domésticos, estação de tratamento de esgoto da cidade) as difusas (agropecuária, águas de escoamento superficial urbano e rural).

O índice de estado trófico (IET) ficou em média na classificação de eutrófico, sofrendo variações tanto relativas ao aporte de nutrientes, como aumento e diminuição da vazão, o que derivou na ocorrência de classificações de mesotrófico, bem como de supereutrófico.

A vazão do rio influencia por vezes em alguns parâmetros, como nas taxas de elementos químicos e em outras, como na taxa de matéria orgânica, não é representativa, pois o aporte de matéria orgânica é constante e em períodos de chuva, mesmo que a vazão aumente, o aporte também aumenta devido a carga referente as águas superficiais drenadas da área urbana. Sendo que em períodos de estiagem, devido ao baixo fluxo de água, aumenta a concentração de alguns elementos.

Em relação ao poder de depuração do rio Marrecas, observou-se que ele ainda existe, embora no mês de agosto de 2011 as cargas de poluentes entre a saída da área urbana (ponto 2) e a área próxima a foz (ponto 3), além de não serem depurados, sofreu um aumento. Mas no mês de outubro de 2011, os valores das

variáveis entre os dois locais demonstraram reduções significativas entre o primeiro e o segundo local de monitoramento.

As águas que hoje chegam a área urbana de Francisco Beltrão apresentam por vezes cargas de poluentes derivados da área rural que a precede, através de fontes difusas como no caso do fósforo, nitrogênio, entre outros. A poluição sofrida na área urbana da cidade leva a conclusão de ser de fonte pontual com maior origem nos esgotos domésticos, embora apresente uma grande concentração de elementos químicos derivados de indústrias, combustíveis e da própria estação de tratamento de esgoto; fato este reforçado pela ANA (2012) ao descrever em seu relatório de qualidade das águas superficiais, que um dos maiores poluidores do rio Iguaçu na atualidade são as estações de tratamento de esgoto, que ao aumentarem sua cobertura nas cidades, aumentam a carga de esgoto tratado que é lançado nos corpos hídricos. Situação que em conjunto aos demais poluentes de áreas urbanas deriva em uma baixa qualidade das águas superficiais, por redução do poder de depuração dos mesmos. Ou seja, assim como os demais rios de trajeto urbano, o Marrecas também sai da cidade com uma elevada carga de poluentes, que por vezes consegue ser depurada e por vezes não.

O estudo em questão finaliza ressaltando que embora realizado em período de avaliação considerado pequeno para uma conclusão tão representativa, leva seus resultados como uma forma de alerta na realização de trabalhos mais específicos para preservação da vida deste tão importante rio na região sudoeste do Paraná, e que as causas e as soluções para o controle da poluição da água não serão encontradas olhando-se apenas para dentro da água, mas sim, para o ciclo hidrológico como um todo em uma determinada bacia hidrográfica.

REFERÊNCIAS

ÁGUAS PARANÁ – Instituto de Águas do Paraná. **Rio Marrecas**. Disponível em: < <http://www.aguasparana.pr.gov.br/modules/conteudo/conteudo.php?conteudo=22>>. Acesso em: em 26.10.2010.

AGUIAR, W. **Índice de qualidade das águas**: bacia de captação do rio Coxilha Rica – Itapejara D'Oeste-PR. Pato Branco, 2005. 112p. Monografia (Tecnologia em Química Industrial). Centro Federal de Educação Tecnológica do Paraná, Unidade de Pato Branco - CEFET – PR.

AGENDA 21. Conferência das Nações Unidas sobre Meio Ambiente e Desenvolvimento. Senado Federal, Subsecretaria de edições técnica. Brasília, 1997.

ALBERTI, V. **Análise espaço-temporal do uso da terra na bacia hidrográfica do rio Marrecas – PR utilizando geotecnologias**. Francisco Beltrão, 2008. Monografia (graduação em Geografia). Universidade Estadual do Oeste do Paraná.

ANA. Agência Nacional de Águas. **Panorama da Qualidade das águas superficiais no Brasil**. Caderno de recursos hídricos 1. Superintendência de Planejamento de Recursos Hídricos. Brasília, 2005.

ANA. Agência Nacional de Águas. **Panorama Nacional das águas superficiais do Brasil**: 2012. Agência Nacional de Águas. Brasília, 2012. 264p.

ANDRADE, L.N. Autodepuração dos corpos d'água. **Revista da biologia** on line, v. 5, dezembro de 2010. Disponível em:< www.ib.usp.br/revista>. Extraído em 20.06.2011.

ANDRIONI, C. C.; SANDRE, C. L. H. STOLBERG, JONI. Estado trófico da água do Rio dos Queimados – SC. **ÁGORA: revista on line de divulgação científica** v. 16, n. 2(A), Número Especial: I Seminário Integrado de Pesquisa e Extensão Universitária. UNC, 2009. 701p. Disponível em:< <http://www.periodicos.unc.br/index.php/agora/issue/view/11>>. Acesso em 15.05.2012.

APHA. **Standard methods for the examination of water and wastewater**. 20^o Ed., American Public Health Association. Washington DC, 1998.

BARATA, M. L; KLIGERMAN, D. C; MINAYO-GOMEZ, C. A gestão ambiental no setor público: uma questão de relevância social e econômica. **Revista Ciências & saúde coletiva**, v.12(1), p.165-170. Rio de Janeiro, 2007.

BERTALANFFY, L.V. **Teoria geral dos sistemas**. Vozes. Petrópolis, 1973.

BRASIL. **Decreto nº 24.643**: Decreta o Código de Águas. Brasília, 1934.

BRASIL. **Decreto-Lei nº 7841**: Código de águas minerais. Brasília, 1945.

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. **Gerenciamento de Bacias Hidrográficas**. Brasília, DF. 1995.

BRASIL. **Lei nº 9433, de 08 de janeiro de 1997**: Institui a Política Nacional de Recursos Hídricos, cria o Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos, regulamenta o inciso XIX do art. 21 da Constituição Federal, e altera o art. 1º da Lei nº 8.001, de 13 de março de 1990, que modificou a Lei nº 7.990, de 28 de dezembro de 1989. Brasília, 1997.

BRASIL. **Portaria nº 874, de 5 de novembro de 1998**: Biodegradabilidade dos tensoativos aniônicos para produtos saneantes domissanitários. DOU 18/11/1998. Brasília, 1998.

BRASIL. IN/MAPA nº62/2003: Oficializa os Métodos Analíticos Oficiais para Análises Microbiológicas para Controle de Produtos de Origem Animal e Água. Brasília, **Diário Oficial Da União**, 18/09/2003, SEÇÃO 1, p.14. Brasília, 2003.

BRASIL. **PORTARIA 518/MS de 25 de março de 2004**: Estabelece os procedimentos e responsabilidades relativos ao controle e vigilância da qualidade da água para consumo humano e seu padrão de potabilidade, e dá outras providências. Ministério da saúde. Brasília, 2004.

BRANCO, S. M. **Hidrobiologia aplicada à engenharia sanitária**. 3ª edição. CETESB. São Paulo, 1986. 620p.

BRANCO, S.M. **Água**: Origem, uso e preservação. Ed. Moderna. São Paulo, 1993.

BRAGA, R.; CARVALHO, P. F. C. **Recursos hídricos e planejamento urbano e regional** Laboratório de Planejamento Municipal-IGCE-UNESP. Rio Claro, 2003. p. 113-127

BRAGA, B.; HESPANHOL, I.; CONEJO, J. G. L.; BARROS, M. T. L.; SPENCER, M.; PORTO, M.; NUCCI, N.; JULIANO, N.; EIGER, S. **Introdução à Engenharia Ambiental**. Prentice Hall. São Paulo, 2002.

CARVALHO, D. F.; SILVA, L. D. B. **Hidrologia**. Agosto, 2006. Disponível em:< www.ufrrj.br/institutos/it/deng/leonardo/.../HIDRO-Cap3-BH.pdf>. Acesso em: 19.06.2012.

CARLSON, R.E. A trophic state index for lakes. **Limnology and Oceanography**, v.22, p.361-369, 1977. Disponível em < <http://www.aslo.org/lo/toc/index.html>>. Acesso em 20.10.2011.

CHAPMAN, D. **Water quality assessment**: a guide to the use of biota, sediments and water in environmental monitoring. Chapman e Hall London, 1996.

CHRISTOFOLETTI, Antônio. **Análise de Sistemas em Geografia**. Hucitec - Editora da Universidade de São Paulo. São Paulo, 1979. 106p.

_____. **Geomorfologia**. Edgard Blücher, 2ª ed. São Paulo, 1980. 190p.

_____. **Geomorfologia Fluvial**. Edgard Blücher. São Paulo, 1981. 313p.

_____. **Modelagem de Sistemas Ambientais**. Edgard Blücher. São Paulo, 1999. 236p.

CONAMA (Conselho Nacional De Meio Ambiente). Resolução Federal nº. 357 de 17 de março de 2005: Dispõe sobre a classificação dos corpos de água e diretrizes ambientais para o seu enquadramento, bem como estabelece as condições e padrões de lançamento de efluentes, e dá outras providências. **Diário Oficial da União**. Brasília, 2005.

CONAMA (Conselho Nacional De Meio Ambiente). **Resolução Federal nº. 001 de 23 de janeiro de 1986**: Estabelece as definições, as responsabilidades, os critérios básicos e as diretrizes gerais para uso e implementação da Avaliação de Impacto Ambiental como um dos instrumentos da Política Nacional do Meio Ambiente. Publicado no D.O.U. de 17.02.86 - pág. 2548 e 2549. Brasília, DF, 1986.

CORRÊA, I. C. S.. Metodologia para o cálculo de vazão de uma seção transversal a um canal fluvial. Instituto de Geociências – UFRGS. **Série geomática**: II seminário anual de pesquisas em geodesia na UFRGS – vol1. Porto Alegre, 2007. 79p. On line. Disponível em:< www.ufrgs.br/lageo_geodesia/iisapgu/CorrealCS.pdf>. Acesso em 10.05.2012.

CUNHA, D. G. F. **Avaliação do estado trófico do Rio Pariquera-açu, Vale do Ribeira de Iguape, SP, em diferentes períodos hidrológicos**. São Paulo, 2007. 98p. Monografia (Engenharia Ambiental). Universidade de São Paulo (EESC-USP).

DEZOTTI, M. et al. Processos e técnicas para o controle de efluentes líquidos. **Série escola piloto de engenharia química**, COPE/UFRJ, v.5. Rio de Janeiro, 2008. 360p.

DERISIO, J.C. Introdução ao controle da poluição ambiental. In: Ministério Do Meio Ambiente. **Curso de gestão ambiental e monitoramento da qualidade da água**: textos de referência. MMA. Brasília, 1992. p. 37-81.

DNAEE. Departamento nacional de águas e energia elétrica. **Glossário de termos hidrológicos**. Ministério de Minas e Energia. Brasília, 1976.

DREW, D. **Processos interativos homem-meio ambiente**. tradução de João Alves dos Santos: revisão de Suely Bastos, 4^o ed. Bertrand Brasil. Rio de Janeiro, 1998.

EPA - United States Environmental Protection Agency. **Protocol for Developing Nutrient TMDLs**, EPA 841-B-99-007. EUA, 1999.

ESTEVEZ, F. de A. **Fundamentos de Limnologia**. 2^a Ed. Interciência. Rio de Janeiro, 1998.

FERRETTI, E. R. **Diagnóstico Físico-Conservacionista – DFC da Bacia do Rio Marrecas**. Curitiba, 1998. Dissertação (mestrado em ciências da terra). Universidade Federal do Paraná.

FLAUZINO, F. S. **Avaliação temporal e espacial da qualidade da água no Lago da usina hidrelétrica de Miranda, região do Triângulo** – Minas Gerais. Uberlândia, 2008. 195p. Dissertação (mestrado em Geografia) Universidade Federal de Uberlândia.

FIA, R.; DE MATOS, A. T.; CORADI, P. C.; PEREIRA-RAMIREZ, O. Estado trófico da água na bacia hidrográfica da Lagoa Mirim, RS, Brasil. Revista ambiente e água – an **Interdisciplinary Journal Of Applied Science**, v.4, n.1, 2009. Disponível em:<WWW.agro.unitau.br/ambi-agua>. Acesso em 20.12.2011.

FRANCISCO BELTRÃO. **Hidrografia e abastecimento de água**. Disponível em:< <http://pt.wikipedia.org> >, Acesso em: 11/10/2010.

_____. **Lei Municipal nº 3384/07**: Dispõe sobre o zoneamento do uso e ocupação do solo do perímetro urbano do município de Francisco Beltrão e dá outras providências. Francisco Beltrão: 28.08.07

_____. **Lei Municipal nº 3372/07**: Dispõe sobre o parcelamento do solo para fins urbanos no município de Francisco Beltrão e dá outras providências. Francisco Beltrão: 28.08.07 Alterada pela Lei nº 3842/2011, de 30.06.11.

FUNASA. Fundação Nacional de Saúde. **Manual de saneamento**. 3ªed. rev. - Fundação Nacional de Saúde. Brasília, 2006.408 p.

GEREMIA, F. **Compreensão da evolução das encostas do médio vale do rio Marrecas (planalto basáltico - SW PR) através da caracterização de depósitos de colúvio**. Francisco Beltrão, 2009. 85p. Dissertação (mestrado em Geografia) UNIOESTE.

GONDIM, J. Uso Múltiplo das águas. Agencia nacional de águas (ANA). Brasília, 2009. 27p.

GRÜN, M. Ética e educação ambiental: A conexão necessária. **Coleção Magistério: Formação e Trabalho Pedagógico**, 10ª Ed. Papirus. São Paulo, 2006.

PELAEZ-RODRIGUEZ, M; PERET, A. M.; MATSUMURA-TUNDISI, T.; ROCHA,O. Análise da qualidade da água e aplicação do índice de proteção da vida aquática (IVA) em duas sub-bacias da bacia hidrográfica do rio Jacaré- Guaçu. In: **Ecotoxicologia: perpesctiva para o Século XXI**. Rima. São Carlos, 2002.

HARMANCIOGLU,S. D.; OZKUL, S. D.; ALPASLAN, M. N. Water quality monitoring and network design. In: HARMANCIOGLU, N. B.; SINGH, V. P.; ALPASLAN, M. N. **Environmental data management**. Kluwer. Dordrech, 1998.

HELLER, L. PADUA, V.L. **Abastecimento de água para o consumo humano**. Ed. UFMG. Belo Horizonte, 2006. 859p.

HUTCHINSON, G. E. **A treatise on limnology**: I. geography, physics and chemistry. John Wiley. New York, 1957. 1015 p.

IAPAR. Pluviosidades de agosto e outubro de 2011 em Francisco Beltrão/PR (mm³). **Relatório diário de pluviosidade**. Francisco Beltrão, 2011.

IAP – Instituto Ambiental do Paraná. **Legislações sobre água e recursos hídricos**. Disponível em:< <http://www.iap.pr.gov.br/modules/conteudo/conteudo.php?conteudo=837>> Acesso em :15.03.2012.

IET- **Índice de Estado trófico**. CETESB – Companhia do estado de São Paulo. Disponível em:< www.cetesb.sp.gov.br/userfiles/file/agua/aguas.../indices/04.pdf>. Acesso em 05.05.2012.

IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Município de Francisco Beltrão**, Paraná. Extraído do site: <<http://www.ibge.gov.br/home/>>, em 20.10.2010a.

IBGE – Instituto Brasileiro de geografia e estatística. **Censo demográfico de Francisco Beltrão/PR**. Brasil, 2010b.

IPARDES. **Perfil do município de Francisco Beltrão em 2011**. Extraído do site:< http://www.ipardes.gov.br/perfil_municipal/MontaPerfil.php?Municipio=85600>. Acesso em 10.05.2012.

JOLLY, I.; CAITCHEON, G.; DONNELLY, T.; HAFNER, S. Physical and chemical indicators of water quality. In: WALKER, J.; REUTER, D. J. (Ed.). **Indicators of catchment health: a technical perspective**. CSIRO. Melbourne, 1996. p. 131-141.

LEFF, E. **Saber Ambiental: sustentabilidade, racionalidade, complexidade, poder**. 4ªed. Vozes. Rio de Janeiro, 2005.

_____. **Epistemologia ambiental**. Cortez. São Paulo, 2001

LEZI, E.; FAVERO, L.O.B.; LUCHESE, E.B. **Introdução a química da água: ciência, vida e sobrevivência**. Ed. LTC. Rio de Janeiro, 2009. 604p.

LIBÂNIO M. **Fundamentos de qualidade e tratamento de Água**. Átomo. Campinas, 2005.

LIMA, M. A. S. **Águas acumuladas em açudes e barragens na região de Santa Maria e flutuações em seus atributos físico químicos**. Santa Maria, 2005.83p. Mestrado em Ciência do Solo (Dissertação). UFSM, RS.

LUZ, C.E. **Diagnóstico físico-químico e microbiológico das águas do rio Marrecas** – Francisco Beltrão/PR. Francisco Beltrão, 2006. 120p. Monografia (graduação em geografia). UNIOESTE.

_____. **Tendências granulométricas dos sedimentos de fundo no Rio Marrecas, região Sudoeste do Paraná.** Francisco Beltrão, 2011. 78p. Dissertação (mestrado em Geografia).UNIOESTE.

MACEDO, J.A.B. **Introdução à química ambiental.** CRQ/MG. Juiz de Fora, 2006. 1028 p.

_____. **Águas & Águas.** 3ª Ed.CRQ/MG. Juiz de Fora, 2007. 1048 p.

MACHADO, W.C.P. **Indicadores da qualidade da água na bacia hidrográfica do rio Pato Branco.** Curitiba, 2006. 341p. Tese (doutorado em Geologia). UFPR.

MACHADO, G. **Transformações na Paisagem da Bacia do rio Marrecas (SW/PR) e perspectivas de desenvolvimento territorial.** Presidente Prudente, 2009. 286p. Tese (doutorado em Geografia).UNESP – Presidente Prudente.

MATOS, A.T. Qualidade do solo e da água. **Série Caderno Didático**, nº. 33. DEA-UFV. Viçosa, 2004.

MARQUES, M. N.; DAUDE, L. F.; SOUZA, R. M. G. L. COTRIM, M. E. B.; PIRES, M. A. F. Avaliação de um índice dinâmico de qualidade de água para abastecimento: um estudo de caso. **Exacta**, janeiro-junho, vol. 5, nº 001. Centro Universitario Nove de Julho. São Paulo, 2007. p.47-55

MEYBECK, M.; HELMER, R. An introduction to water quality. In CHAPMAN, D. (ed.). **Water Quality assessment: a guide to the use of biota, sediments and water in environmental monitoring.** UNESCO/WHO/UNEP. Cambridge, 1992a. p. 1-17.

MEYBECK, M.; KIMSTACH, V.; HELMER, R. Strategies for Water Quality Assessment. In CHAPMAN, D. (ed.). **Water Quality assessment: a guide to the use of biota, sediments and water in environmental monitoring.** UNESCO/WHO/UNEP. Cambridge, 1992b. 585 p.

MEDEIROS, M.A.C. et al. **Apostila de química sanitária e laboratório de saneamento II.** Curso de Tecnologia em saneamento ambiental, UNICAMP. Limeira, 2006. 49p.

MERTEN, G. H., MINELLA, J. P. Qualidade da água em bacias hidrográficas rurais: um desafio atual para a sobrevivência futura. **Rev. Agroecologia e desenvolvimento rural sustentável**, v.3, n.4. Porto Alegre, 2002. pag.33-38.

McNEELY. R.N., NEIMANIS, V.P., DWYER. L. **Water Quality Sourcebook.** A Guide to Water Quality Parameters. Ottawa Environment. Canada, 1979. 90 p.

MINEROPAR. Minerais do Paraná S.A & Secretaria de Estado da Indústria, do Comércio e do Turismo. **Projeto riquezas minerais: Avaliação do potencial mineral e consultoria técnica no município de Francisco Beltrão - Relatório final.** Curitiba, set. 2002.

MONDARDO, M.L. **Os períodos das migrações**: Territórios e identidades em Francisco Beltrão/PR. Dourados: 2009. 123p. Dissertação (mestrado em geografia) Universidade Federal Da Grande Dourados.

MUCHOVEJ, R. M. C.; RECHCIGL, J. E. Impact of nitrogen fertilization of pastures and turfgrasses on Water Quality. In: LAL, R.; STEWART, B. A. **Soil process and Water quality**: advances in soil science .Lewis publishers. Boca Raton, 1994. 398 p.

MUSETTI, R. A. Bacias hidrográficas no Brasil: aspectos jurídico-ambientais. **Jus Navigandi**, ano 4, nº35, Teresina, 1999. Disponível em: <<http://jus.com.br/revista/texto/1700>>. Acesso em: 18 jun. 2012.

MURATORI, A. M. **Processos interativos entre o relevo e as areias quartzosas no sistema ambiental da região noroeste do estado do Paraná – Brasil**. Curitiba. 1996. (Tese Doutorado em Engenharia Florestal). Universidade Federal do Paraná.

MURATORI, A. M. **Geografia, Planejamento Ambiental e Gestão do Território**. Inédito. Curitiba, 2002.

NOVAES, E.D., SCHIAVONE, J.G.P. A Contribuição do Materialismo Histórico para a articulação entre Alienação Humana e Degradação Ambiental. **Revista Sociologia Jurídica** - ISSN: 1809-2721, Nº7. Disponível em: <<http://www.sociologiajuridica.net.br/>>, Acesso em 01.09.2010.

NUNES, D.G. **Modelagem da autodepuração e qualidade da água do rio Turvo Sujo**. Dissertação do curso de pós-graduação em engenharia agrícola, Magister Scientiae. Universidade Federal de Viçosa. Viçosa, 2008. 118p.

OLIVEIRA, S. **Relatório da qualidade ambiental no estado de São Paulo**. CETESB. São Paulo, 1993.

ONU – Organização das Nações unidas. **Relatório da 7ª Conferência das Partes da Convenção da ONU sobre Mudanças Climáticas**. Marrocos, 2001.

ONGLEY, E.D. **Controle da poluição da água pelas atividades agrícolas**; tradução de H.R. GHEYI, F.A.V. DAMASCENO, L.T. de L. BRITO. UFPB. Campina Grande, 2000.

OTT, W. R. Environmental Indices: theory and practice. Ann **Arbor Science**. Michigan, 1978. 371 p.

PAISANI, J.C.; et al. Características geológicas da formação serra geral na área drenada Pelo rio Marrecas (SW Parana): fundamentos para a análise geomorfológica. **Rev. Geografia. Uel**. Londrina, 2005.

PAISANI, J. C. et al. Verificação da influência da sequencia de derrames vulcânicos da formação Serra Geral na ocorrência de patamares na área drenada pelo rio Marrecas-SW Pr. Simpósio Nac. de geomorfologia, 7º encontro latino americano de geomorfologia. **Anais...** Belo Horizonte, 2008.

PARANÁ. **Lei Estadual nº 790 de 14/11/1951**: criação do Município de Francisco Beltrão. Curitiba, 1951.

PANORAMA GERAL 2011. Extraído do site: <www.franciscobeltrao.pr.gov.br>. Acesso em 15.05.2012.

PEREIRA, A.A. **Avaliação da qualidade da água**: proposta de novo índice alicerçado na lógica fuzzy. Brasília, 2010. 171 p. Tese (doutorado em ciências da saúde). UNB- Universidade de Brasília.

PELLETIER, P. Um Japão sem riscos? In: VEYRET, Y. (Org.) **Os Riscos**: o Homem como agressor e vítima do meio ambiente. Contexto. São Paulo, 2007. p. 201-220.

PELAEZ-RODRIGUEZ, M; PERET, A. M.; MATSUMURA-TUNDISI, T.; ROCHA, O. Análise da qualidade da água e aplicação do índice de proteção da vida aquática (IVA) em duas sub-bacias da bacia hidrográfica do rio Jacaré- Guaçu. In: **Ecotoxicologia**: perspectiva para o Século XXI. Rima. São Carlos, 2002.

PEIXOTO, J. **Análises físico-químicas**: turbidez, cor, pH, temperatura, alcalinidade e dureza. Laboratório de tecnologias ambientais – material de apoio. Lisboa, 2007/2008. Disponível em: <www.biologica.eng.uminho.pt/.../analises/...> Acesso em: 15.03.2012.

PENTEADO, M. M.. **Fundamentos de Gemorfologia**, 3º ed. IBGE. Rio de Janeiro, 1980.

PNMA – Política Nacional do Meio Ambiente. **Índice e indicadores de qualidade da água** – Revisão de Literatura. Disponível em: <<http://www.cprh.pe.gov.br/downloads/indice-agua-volume1.pdf>>. Acesso em 10.04.2011.

PORTO, R. L. P.; FILHO, K.Z; SILVA, R. M. **Medição de vazão e curva chave**. Disponível em: <http://www.unilasalle.edu.br/canoas/assets/upload/eng_ambiental/medicao_de_vazao_e_curva_chave.pdf> . Acesso em: 27 ago. 2011.

POSSELT, E. L., COSTA, A. B. **Software IQADData 2010**. Registro no INPI nº 10670-2, Programa de Mestrado em Sistemas e Processos Industriais- PPGSPI, UNISC. Santa Cruz do Sul, 2010. Disponível em: <<http://www.unisc.br/ppgsapi>>. Acesso em: 20.10.2011.

POCINHO, M.T.S **Estatística II**: teoria e exercícios passo a passo. Portugal: 2010. Disponível em: <http://pt.scribd.com/doc/39887223/Sebenta-estatistica-II-com-anexos-2010>. Acesso em 20.03.2011

POLICONTROL. **Boletim Técnico**: Turbidez em águas. 2ª ed, julho de 2006. UFRB, Bahia. Disponível em: <<http://www.ufrb.edu.br/portal/resultados-da-pesquisa?cx=006419030580492186890%3A7a1nhsa6pdw&ie=UTF8&q=policontrol&sa=Ok>> . Acesso em 10.05.2012.

PORTO, M. F. A.; BRANCO, S. M.; LUCA, S. J. de. Caracterização da qualidade da

água. In: PORTO, R. L. L. (Org.). **Hidrologia ambiental**: Coleção ABRH de Recursos Hídricos, v. 3. Editora da Universidade de São Paulo/Associação Brasileira de Recursos Hídricos. São Paulo: 1991. p. 27- 66.

PREFEITURA MUNICIPAL DE FRANCISCO BELTRÃO. **Mapa de solos de Francisco Beltrão**. Disponível em:< <http://www.franciscobeltrao.pr.gov.br/agricultura/dadosdomunicipio/>. Extraído em 20.08.2011.

REYNOLDS, C. S. DAVIES, P. S. Sources and bioavailability of phosphorus fractions in freshwaters: a british perspective. **Biology Review**, v.76, p.27-64, 2001.

RIOS, L., CALIJURI, M.C. A bacia hidrográfica do Ribeirão Feijão: uma proposta de ordenação das sub-bacias através de variáveis limnológicas. **Acta Limnologica Brasiliensia**, v.7. São Paulo, 1995. p.151-161.

RODRIGUEZ, J. M.M & SILVA, E. V. **Geocologia das Paisagens**: uma Visão Geossistêmica da Análise Ambiental. Edições UFC. Fortaleza, 2007.

SANTOS, I.; et al. **Hidrometria aplicada**. Instituto de Tecnologia para o Desenvolvimento, LACTEC. Curitiba, 2001.

SANTIS, D. G. D.; MENDONÇA, F. A. Impactos de inundações em áreas urbanas: o caso de Francisco Beltrão/PR. **RA'E GA - O espaço geográfico em análise**, vol. 4, 2000. Disponível em:< <http://ojs.c3sl.ufpr.br/ojs2/index.php/raega/issue/view/355>>. Acesso em 05.08.2011.

SANEPAR. **Dados diários de vazão da estação fluviométrica 65950200**- ETA rio Marrecas: 2002 a 2008. Documento interno de registro. Francisco Beltrão, 2009.

SEZERINO, P.P. **Sistemas de tratamento de esgotos** (material de apoio). Curso de engenharia sanitária e ambiental. UNOESC. Videira, 2011. 40p.

SEWELL, G.H. **Administração e controle de qualidade ambiental**. Ed. USP, CETESB. São Paulo, 1978.

SETTI, A. A. et al. **Introdução ao gerenciamento de recursos hídricos**. 3ªed. ANEEL/ANA. Brasília, 2001. 328p.

SEMAD. Ministério Do Meio Ambiente Secretaria De Estado Do Meio Ambiente E Desenvolvimento Sustentável De Minas Gerais. **Sistema De Cálculo Da Qualidade Da Água** (SCQA): Estabelecimento das Equações do índice de Qualidade das Águas (IQA). Minas Gerais, 2005. Disponível em:< http://aguas.igam.mg.gov.br/aguas/downloads/SCQA_final.pdf>. Acesso em 15.05.2011.

SIMEPAR. **Médias históricas em estações do IAPAR**: Francisco Beltrão – 1974/2010. Disponível em:<http://www.iapar.br/arquivos/Image/monitoramento/Medias_Historicas/Francisco_Beltrao.htm>. Acesso em : 20.10.2010.

SILVA, S. R.; MENDONÇA, A. S. F. Correlação entre DBO e DQO em esgotos domésticos para a região da grande Vitória – ES. **Engenharia Sanitária e Ambiental**. Vol. 8, nº 4. Vitória, 2003. p. 213 – 220.

SILVA, G. S. **Avaliação do estado de degradação e capacidade de suporte da bacia do Rio Atibaia** – região de Campinas/Paulínia – SP. Campinas, SP, 2004. Tese de Doutorado – Instituto de Química, Universidade Estadual de Campinas. Disponível em:< <http://www.scielo.br/pdf/esa/v12n2/a07v12n2.pdf>>. Acesso em 10.09.2010.

SPERLING, V. M. **Autodepuração dos cursos d'água**. Belo Horizonte, 1983. 366 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Sanitária) - Universidade Federal de Minas Gerais.

SPERLING, V. M. **Introdução à qualidade das águas e ao tratamento de esgotos**. 2ª ed. Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental - UFMG. Belo Horizonte, 1996. 243p.

SPERLING, V.M. **Morfologia de lagos e represas**. Belo Horizonte: DESA/UFMG, 1999. 137 p.

SPERLING, V. M. **Estudos e modelagem da qualidade da água de rios**. DESA/UFMG. Belo Horizonte, 2007

TAUK, S. M. et al . **Análise ambiental: uma visão multidisciplinar**. 2. Ed. UNESP, São Paulo, 1995.

THOMAS, R.; MEYBECK, M.; BEIN, A. Lakes and reservoirs. In: CHAPMAN, D. (Ed.). **Water quality assessment: a guide to the use of biota, sediments and water in environmental monitoring**. UNESCO/WHO/UNEP. Cambridge, 1992. 585 p.

TIOLA, M.F. **Introdução à estatística**. 7ª Ed. LTC editora. Rio de Janeiro, 1999.

TOMAZONI, J. **Morfodinâmica e Transporte Fluvial no Sudoeste do Estado do Paraná por Método de Levantamento de Microbacias Hidrográficas Através de Geoprocessamento**. Curitiba, 2003. 280p. Tese (Doutorado Geologia), UFPR.

TOLEDO Jr, A.P.; TALARICO, M.; CHINEZ, S.J.; AGUDO, E.G. A aplicação de modelos simplificados para a avaliação do Processo da eutrofização em lagos e reservatórios tropicais. 12º congresso brasileiro de engenharia sanitária e Ambiental. **Anais...** Balneário camboriú, 1983. p.1-34.

TOLEDO, Jr. A.P. Informe preliminar sobre os estudos para obtenção de um índice para avaliação simplificada do estado trófico de reservatórios de regiões quentes tropicais. **Relatório técnico**. CETESB. São Paulo, 1990. 11p.

TOLEDO LG, DESCHAMPS FC, NICOLELLA G, et al. Impacto Ambiental da Cultura do Arroz Irrigado com Uso de Índice de Qualidade de Água (IQA). **Comunicado Técnico 8**. Embrapa Meio Ambiente. São Paulo, 2002.

TUNDISI, J. G. et al. A utilização do conceito de bacia hidrográfica como unidade para atualização de professores de Ciências e Geografia: o modelo Lobo (Broa) - Brotas/Itirapina. In: _____. (Org.) **Limnologia e manejo de represas**. USP. São Carlos, 1988.

TUNDISI, J.G. **Água no Século XXI**: enfrentando a escassez. RiMa, IIE. São Carlos, 2003. 246 p.

TUCCI, C.E.M. **Hidrologia**: ciência e aplicação. 2ª ed. Ed. da Universidade/UFRGS/ABRH. Porto Alegre, 1995. 943p.

TUCCI, C. E. M.; HESPANHOL, I.; CORDEIRO NETTO, O.M.. **A gestão da água no Brasil**: Uma primeira avaliação da situação atual e das perspectivas para 2025. São Paulo, 2000. Disponível em:< www.rhama.net/download/artigos/artigo30.pdf>. Acesso em 10.06.2012.

TUCCI, C.E.M. **Hidrologia I**: Ciclo hidrológico e bacia Hidrográfica (material de apoio). Disponível em:< www.iph.ufrgs.br/posgrad/disciplinas/hip01/Capítulo2.ppt> Acesso em: 20.06.2012

VIEIRA, P. F. & WEBER, J. **Gestão de recursos Naturais Renováveis e Desenvolvimento**: Novos Desafios para a Pesquisa Ambiental. Cortez. São Paulo, 1996.

VOLLENWEIDER, R. A. **Scientific fundamentals of the eutrophication of lakes and flowing waters, with particular reference to nitrogen and phosphorus as factors in eutrophication**. OECD (Report DAS/CSI/68.27). Paris, 1968. 220 p.

WALT, D.P., FRANÇA, J.B., FERREIRA, A.C.S. Eutrofização dos corpos hídricos. **Leitura de Minuto**. Secretaria dos Recursos Hídricos. Ceará, 2007.

WETZEL, R. G. **Limnologia**. Ediciones Omega. Barcelona, 1981. 679 p.

XAVIER, C. F. **Avaliação da influência do uso e ocupação do Solo e de características geomorfológicas sobre a qualidade das águas de dois reservatórios da região metropolitana de Curitiba – Paraná**. Curitiba, 2005.167p.Dissertação (mestrado em Ciências do Solo) Universidade Federal do Paraná – UFPR.

APÊNDICES

APENDICE 1- Laudos de análise da água



**LABORATÓRIO PARA GARANTIA DA QUALIDADE
ANÁLISE DE ALIMENTOS E ÁGUA**

CNPJ: 10.339.192/0001-19 Alvará: 117.765

LAUDO
Número
3755
Emissão
13.08.2011

Dados do Cliente:

Nome: CRISTINA POLL BIGUELINI	Código: 451	Fone: 46 3524.4090
Endereço: RIO GRANDE DO SUL-1221	CEP: 85.601.050	Fax:
Cidade.: FRANCISCO BELTRÃO	Estado: Paraná	Celular:
CNPJ/CPF.:	IE/RG:	Contato: CRISTINA

Certificado Oficial de Análise

Dados da Amostra:

LAUDO Nº: 3755	EMIÇÃO: 13.08.11	
Razão social: CRISTINA POLL BIGUELINI	CNPJ/CPF:	
Produto: ÁGUA DE RIO	Temp.Rec: 08°C	
Responsável pela Coleta: CRISTINA	Coletado em: 05.08.11	Recebida em: 05.08.11

Resultados das Análises Solicitadas***

AMOSTRA: PONTO 1

Cód.:	Teste	Valor Referência	Leitura da Amostra
Setor: Físico-Químico			
FQ085	Determinação de DQO	*5	12,8 mg/L O ₂ (ppm)
FQ086	Determinação de DBO	*5	6,7 mg/L O ₂
FQ075	Nitrogenio Total (Kjeldhal)	*5	8,5 mg/L NH ₃
FQ	Fósforo	*5	0,08 mg/L
FQ	Sólidos totais	*5	18 mg/100ml
Setor: Microbiologia****			
MB017	NMP de Coliformes Termotolerantes/ 45°C	*5	350 NMP/100ml



**LABORATÓRIO PARA GARANTIA DA QUALIDADE
ANÁLISE DE ALIMENTOS E ÁGUA**

CNPJ: 10.339.192/0001-19 Alvará: 117.765

LAUDO
Número
3755
Emissão
13.08.2011

AMOSTRA: PONTO 2

Cód.:	Teste	Valor Referência	Leitura da Amostra
Setor: Físico-Químico			
FQ085	Determinação de DQO	*5	17,1 mg/L O ₂ (ppm)
FQ086	Determinação de DBO	*5	10,1 mg/L O ₂
FQ075	Nitrogenio Total (Kjeldhal)	*5	7,2 mg/L NH ₃
FQ	Fósforo	*5	0,04 mg/L
FQ	Sólidos totais	*5	44 mg/100ml
Setor: Microbiologia****			
MB017	NMP de Coliformes Termotolerantes/ 45°C	*5	1600 NMP / 100ml

AMOSTRA: PONTO 3

Cód.:	Teste	Valor Referência	Leitura da Amostra
Setor: Físico-Químico			
FQ085	Determinação de DQO	*5	21,4 mg/L O ₂ (ppm)
FQ086	Determinação de DBO	*5	11,6 mg/L O ₂
FQ075	Nitrogenio Total (Kjeldhal)	*5	7,2 mg/L NH ₃
FQ	Fósforo	*5	0,2 mg/L
FQ	Sólidos totais	*5	46 mg/100ml
Setor: Microbiologia****			
MB017	NMP de Coliformes Termotolerantes/ 45°C	*5	190 NMP / 100ml

Legenda:

*3 CONAMA 357/2005- Classificação dos corpos d'agua e padrões de lançamento de efluentes

*4 CONAMA 397/2008 – Classificação dos corpos d'agua e padrões de lançamentos de efluentes(alterações na CONAMA 357/2005)

*5 Valor de referencia estipulado pelo IAP – Instituto Ambiental do Parana.

*6 Sem referencia na PORTARIA 518/MS

***Os resultados da presente análise referem-se exclusivamente a amostra recebida no laboratório.

METODOLOGIA: "Standard Methods for the Examination of water and wastewater, 21 th Edition, 2007.

Arizangela

Arizangela A. de Lara
Responsável Técnica
CRBio 66427/07D



**LABORATÓRIO PARA GARANTIA DA QUALIDADE
ANÁLISE DE ALIMENTOS E ÁGUA**

CNPJ: 10.339.192/0001-19 Alvará: 117.765

LAUDO
Número
3771
Emissão
22.08.2011

Dados do Cliente:

Nome: CRISTINA POLL BIGUELINI	Código: 451	Fone: 46 3524.4090
Endereço: RIO GRANDE DO SUL-1221	CEP: 85.601.050	Fax:
Cidade.: FRANCISCO BELTRÃO	Estado: Paraná	Celular:
CNPJ/CPF.:	IE/RG:	Contato: CRISTINA

Certificado Oficial de Análise

Dados da Amostra:

LAUDO Nº: 3771	EMISSÃO: 22.08.11
Razão social: CRISTINA POLL BIGUELINI	CNPJ/CPF:
Produto: ÁGUA DE RIO	Temp.Rec: 08°C
Responsável pela Coleta: CRISTINA	Coletado em: 16.08.11
	Recebida em: 16.08.11

Resultados das Análises Solicitadas***

AMOSTRA: PONTO 1

Cód.:	Teste	Valor Referência	Leitura da Amostra
Setor: Físico-Químico			
FQ085	Determinação de DQO	*5	5,7 mg/L O ₂ (ppm)
FQ086	Determinação de DBO	*5	2,5 mg/L O ₂
FQ075	Nitrogenio Total (Kjeldhal)	*5	3,2 mg/L NH ₃
FQ	Fósforo	*5	0,087 mg/L
FQ	Sólidos totais	*5	40 mg/100ml
Setor: Microbiologia****			
MB017	NMP de Coliformes Termotolerantes/ 45°C	*5	110 NMP/100ml



**LABORATÓRIO PARA GARANTIA DA QUALIDADE
ANÁLISE DE ALIMENTOS E ÁGUA**

CNPJ: 10.339.192/0001-19 Alvará: 117.765

LAUDO
Número
3771
Emissão
22.08.2011

AMOSTRA: PONTO 2

Cód.:	Teste	Valor Referência	Leitura da Amostra
Setor: Físico-Químico			
FQ085	Determinação de DQO	*5	14,4 mg/L O ₂ (ppm)
FQ086	Determinação de DBO	*5	9,2 mg/L O ₂
FQ075	Nitrogenio Total (Kjeldhal)	*5	3,5 mg/L NH ₃
FQ	Fósforo	*5	3,1 mg/L
FQ	Sólidos totais	*5	46 mg/100ml
Setor: Microbiologia****			
MB017	NMP de Coliformes Termotolerantes/ 45°C	*5	2300 NMP / 100ml

AMOSTRA: PONTO 3

Cód.:	Teste	Valor Referência	Leitura da Amostra
Setor: Físico-Químico			
FQ085	Determinação de DQO	*5	25,4 mg/L O ₂ (ppm)
FQ086	Determinação de DBO	*5	12,2 mg/L O ₂
FQ075	Nitrogenio Total (Kjeldhal)	*5	3,8 mg/L NH ₃
FQ	Fósforo	*5	0,8 mg/L
FQ	Sólidos totais	*5	51 mg/100ml
Setor: Microbiologia****			
MB017	NMP de Coliformes Termotolerantes/ 45°C	*5	1200 NMP / 100ml

Legenda:

*3 CONAMA 357/2005- Classificação dos corpos d'agua e padrões de lançamento de efluentes

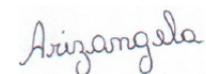
*4 CONAMA 397/2008 – Classificação dos corpos d'agua e padrões de lançamentos de efluentes(alterações na CONAMA 357/2005)

*5 Valor de referencia estipulado pelo IAP – Instituto Ambiental do Parana.

*6 Sem referencia na PORTARIA 518/MS

***Os resultados da presente análise referem-se exclusivamente a amostra recebida no laboratório.

METODOLOGIA: "Standard Methods for the Examination of water and wastewater, 21 th Edition, 2007.


 Arizangela A. de Lara
 Responsável Técnica
 CRBio 66427/07D



**LABORATÓRIO PARA GARANTIA DA QUALIDADE
ANÁLISE DE ALIMENTOS E ÁGUA**

CNPJ: 10.339.192/0001-19 Alvará: 117.765

LAUDO
Número
3815
Emissão
30.08.2011

Dados do Cliente:

Nome: CRISTINA POLL BIGUELINI	Código: 451	Fone: 46 3524.4090
Endereço: RIO GRANDE DO SUL-1221	CEP: 85.601.050	Fax:
Cidade.: FRANCISCO BELTRÃO	Estado: Paraná	Celular:
CNPJ/CPF.:	IE/RG:	Contato: CRISTINA

Certificado Oficial de Análise

Dados da Amostra:

LAUDO Nº: 3815	EMIÇÃO: 30.08.2011	
Razão social: CRISTINA POLL BIGUELINI	CNPJ/CPF:	
Produto: ÁGUA DE RIO	Temp.Rec: 08°C	
Responsável pela Coleta: CRISTINA	Coletado em: 25.08.11	Recebida em: 25.08.11

Resultados das Análises Solicitadas***

AMOSTRA: PONTO 1

Cód.:	Teste	Valor Referência	Leitura da Amostra
Setor: Físico-Químico			
FQ085	Determinação de DQO	*5	26,9 mg/L O ₂ (ppm)
FQ086	Determinação de DBO	*5	11,7 mg/L O ₂
FQ075	Nitrogenio Total (Kjeldhal)	*5	3,7 mg/L NH ₃
FQ	Fósforo	*5	0,30 mg/L
FQ	Sólidos totais	*5	102 mg/100ml
Setor: Microbiologia****			
MB017	NMP de Coliformes Termotolerantes/ 45°C	*5	170 NMP/100ml



**LABORATÓRIO PARA GARANTIA DA QUALIDADE
ANÁLISE DE ALIMENTOS E ÁGUA**

CNPJ: 10.339.192/0001-19 Alvará: 117.765

LAUDO
Número
3815
Emissão
30.08.2011

AMOSTRA: PONTO 2

Cód.:	Teste	Valor Referência	Leitura da Amostra
Setor: Físico-Químico			
FQ085	Determinação de DQO	*5	28,8 mg/L O ₂ (ppm)
FQ086	Determinação de DBO	*5	12,4 mg/L O ₂
FQ075	Nitrogenio Total (Kjeldhal)	*5	4,5 mg/L NH ₃
FQ	Fósforo	*5	2,1 mg/L
FQ	Sólidos totais	*5	128 mg/100ml
Setor: Microbiologia****			
MB017	NMP de Coliformes Termotolerantes/ 45°C	*5	2300 NMP / 100ml

AMOSTRA: PONTO 3

Cód.:	Teste	Valor Referência	Leitura da Amostra
Setor: Físico-Químico			
FQ085	Determinação de DQO	*5	29,1 mg/L O ₂ (ppm)
FQ086	Determinação de DBO	*5	15,8 mg/L O ₂
FQ075	Nitrogenio Total (Kjeldhal)	*5	4,05 mg/L NH ₃
FQ	Fósforo	*5	0,8 mg/L
FQ	Sólidos totais	*5	90 mg/100ml
Setor: Microbiologia****			
MB017	NMP de Coliformes Termotolerantes/ 45°C	*5	920 NMP / 100ml

Legenda:

*3 CONAMA 357/2005 - Classificação dos corpos d'água e padrões de lançamento de efluentes

*4 CONAMA 397/2008 – Classificação dos corpos d'água e padrões de lançamentos de efluentes (alterações na CONAMA 357/2005)

*5 Valor de referencia estipulado pelo IAP – Instituto Ambiental do Paraná.

*6 Sem referencia na PORTARIA 518/MS

***Os resultados da presente análise referem-se exclusivamente a amostra recebida no laboratório.

METODOLOGIA: "Standard Methods for the Examination of water and wastewater, 21 th Edition, 2007.

Arizangela

Arizangela A. de Lara
Responsável Técnica
CRBio 66427/07D



**LABORATÓRIO PARA GARANTIA DA QUALIDADE
ANÁLISE DE ALIMENTOS E ÁGUA**

CNPJ: 10.339.192/0001-19 Alvará: 117.765

LAUDO
Número
3840
Emissão
05.09.2011

Dados do Cliente:

Nome: CRISTINA POLL BIGUELINI	Código: 451	Fone: 46 3524.4090
Endereço: RIO GRANDE DO SUL-1221	CEP: 85.601.050	Fax:
Cidade.: FRANCISCO BELTRÃO	Estado: Paraná	Celular:
CNPJ/CPF.:	IE/RG:	Contato: CRISTINA

Certificado Oficial de Análise

Dados da Amostra:

LAUDO Nº: 3840	EMIÇÃO: 05.09.11	
Razão social: CRISTINA POLL BIGUELINI	CNPJ/CPF:	
Produto: ÁGUA DE RIO	Temp.Rec: 08°C	
Responsável pela Coleta: CRISTINA	Coletado em: 31.08.11	Recebida em: 31.08.11

Resultados das Análises Solicitadas***

AMOSTRA: PONTO 1

Cód.:	Teste	Valor Referência	Leitura da Amostra
Setor: Físico-Químico			
FQ085	Determinação de DQO	*5	16,6 mg/L O ₂ (ppm)
FQ086	Determinação de DBO	*5	7,4 mg/L O ₂
FQ075	Nitrogenio Total (Kjeldhal)	*5	2,4 mg/L NH ₃
FQ	Fósforo	*5	0,70 mg/L
FQ	Sólidos totais	*5	71 mg/100ml
Setor: Microbiologia****			
MB017	NMP de Coliformes Termotolerantes/ 45°C	*5	32 NMP/100ml



**LABORATÓRIO PARA GARANTIA DA QUALIDADE
ANÁLISE DE ALIMENTOS E ÁGUA**

CNPJ: 10.339.192/0001-19 Alvará: 117.765

LAUDO
Número
3840
Emissão
05.09.2011

AMOSTRA: PONTO 2

Cód.:	Teste	Valor Referência	Leitura da Amostra
Setor: Físico-Químico			
FQ085	Determinação de DQO	*5	21,4 mg/L O ₂ (ppm)
FQ086	Determinação de DBO	*5	10,3 mg/L O ₂
FQ075	Nitrogenio Total (Kjeldhal)	*5	3,3 mg/L NH ₃
FQ	Fósforo	*5	3,2 mg/L
FQ	Sólidos totais	*5	97 mg/100ml
Setor: Microbiologia****			
MB017	NMP de Coliformes Termotolerantes/ 45°C	*5	700 NMP / 100ml

AMOSTRA: PONTO 3

Cód.:	Teste	Valor Referência	Leitura da Amostra
Setor: Físico-Químico			
FQ085	Determinação de DQO	*5	18,8 mg/L O ₂ (ppm)
FQ086	Determinação de DBO	*5	9,1 mg/L O ₂
FQ075	Nitrogenio Total (Kjeldhal)	*5	2,8 mg/L NH ₃
FQ	Fósforo	*5	2,1 mg/L
FQ	Sólidos totais	*5	65 mg/100ml
Setor: Microbiologia****			
MB017	NMP de Coliformes Termotolerantes/ 45°C	*5	350 NMP / 100ml

Legenda:

*3 CONAMA 357/2005- Classificação dos corpos d'água e padrões de lançamento de efluentes

*4 CONAMA 397/2008 – Classificação dos corpos d'água e padrões de lançamentos de efluentes(alterações na CONAMA 357/2005)

*5 Valor de referencia estipulado pelo IAP – Instituto Ambiental do Parana.

*6 Sem referencia na PORTARIA 518/MS

***Os resultados da presente análise referem-se exclusivamente a amostra recebida no laboratório.

METODOLOGIA: *Standard Methods for the Examination of water and wastewater, 21 th Edition, 2007.

Arizangela

Arizangela A. de Lara
Responsável Técnica
CRBio 66427/07D



**LABORATÓRIO PARA GARANTIA DA QUALIDADE
ANÁLISE DE ALIMENTOS E ÁGUA**

CNPJ: 10.339.192/0001-19 Alvará: 117.765

LAUDO
Número
3923
Emissão
10.10.11

Dados do Cliente:

Nome: CRISTINA POLL BIGUELINI	Código: 451	Fone: 46 3524.4090
Endereço: RIO GRANDE DO SUL-1221	CEP: 85.601.050	Fax:
Cidade.: FRANCISCO BELTRÃO	Estado: Paraná	Celular:
CNPJ/CPF.:	IE/RG:	Contato: CRISTINA

Certificado Oficial de Análise

Dados da Amostra:

LAUDO Nº: 3923	EMIÇÃO: 10.10.11	
Razão social: CRISTINA POLL BIGUELINI	CNPJ/CPF:	
Produto: ÁGUA DE RIO	Temp.Rec: 08°C	
Responsável pela Coleta: CRISTINA	Coletado em: 03.10.11	Recebida em: 03.10.11

Resultados das Análises Solicitadas***

AMOSTRA: PONTO 1

Cód.:	Teste	Valor Referência	Leitura da Amostra
Setor: Físico-Químico			
FQ085	Determinação de DQO	*5	48,6 mg/L O ₂ (ppm)
FQ086	Determinação de DBO	*5	21,5 mg/L O ₂
FQ075	Nitrogenio Total (Kjeldhal)	*5	42 mg/L NH ₃
FQ	Fósforo	*5	9 mg/L
FQ	Sólidos totais	*5	332 mg/100ml
Setor: Microbiologia****			
MB017	NMP de Coliformes Termotolerantes/ 45°C	*5	1200 NMP/100ml



**LABORATÓRIO PARA GARANTIA DA QUALIDADE
ANÁLISE DE ALIMENTOS E ÁGUA**

CNPJ: 10.339.192/0001-19 Alvará: 117.765

LAUDO
Número
3923
Emissão
10.10.11

AMOSTRA: PONTO 2

Cód.:	Teste	Valor Referência	Leitura da Amostra
Setor: Físico-Químico			
FQ085	Determinação de DQO	*5	79 mg/L O ₂ (ppm)
FQ086	Determinação de DBO	*5	40 mg/L O ₂
FQ075	Nitrogenio Total (Kjeldhal)	*5	2 mg/L NH ₃
FQ	Fósforo	*5	0,5 mg/L
FQ	Sólidos totais	*5	95 mg/100ml
Setor: Microbiologia****			
MB017	NMP de Coliformes Termotolerantes/ 45°C	*5	>2.300 NMP / 100ml

AMOSTRA: PONTO 3

Cód.:	Teste	Valor Referência	Leitura da Amostra
Setor: Físico-Químico			
FQ085	Determinação de DQO	*5	31,4 mg/L O ₂ (ppm)
FQ086	Determinação de DBO	*5	16,2 mg/L O ₂
FQ075	Nitrogenio Total (Kjeldhal)	*5	1,5 mg/L NH ₃
FQ	Fósforo	*5	0,7 mg/L
FQ	Sólidos totais	*5	82 mg/100ml
Setor: Microbiologia****			
MB017	NMP de Coliformes Termotolerantes/ 45°C	*5	>2.300 NMP / 100ml

Legenda:

*3 CONAMA 357/2005- Classificação dos corpos d'agua e padrões de lançamento de efluentes

*4 CONAMA 397/2008 – Classificação dos corpos d'agua e padrões de lançamentos de efluentes(alterações na CONAMA 357/2005)

*5 Valor de referencia estipulado pelo IAP – Instituto Ambiental do Parana.

*6 Sem referencia na PORTARIA 518/MS

***Os resultados da presente análise referem-se exclusivamente a amostra recebida no laboratório.

METODOLOGIA: *Standard Methods for the Examination of water and wastewater, 21 th Edition, 2007.

Arizangela

Arizangela A. de Lara
Responsável Técnica
CRPio 66427/07D



**LABORATÓRIO PARA GARANTIA DA QUALIDADE
ANÁLISE DE ALIMENTOS E ÁGUA**

CNPJ: 10.339.192/0001-19 Alvará: 117.765

LAUDO
Número
3941
Emissão
17.10.11

Dados do Cliente:

Nome: CRISTINA POLL BIGUELINI		Código: 451	Fone: 46 3524.4090
Endereço: RIO GRANDE DO SUL-1221		CEP: 85.601.050	Fax:
Cidade.: FRANCISCO BELTRÃO		Estado: Paraná	Celular:
CNPJ/CPF.:	IE/RG:	Contato: CRISTINA	

Certificado Oficial de Análise

Dados da Amostra:

LAUDO Nº: 3941		EMIÇÃO: 17.10.11	
Razão social: CRISTINA POLL BIGUELINI		CNPJ/CPF:	
Produto: ÁGUA DE RIO		Temp.Rec: 08°C	
Responsável pela Coleta: CRISTINA	Coletado em: 10.10.11	Recebida em: 10.10.11	

Resultados das Análises Solicitadas***

AMOSTRA: PONTO 1

Cód.:	Teste	Valor Referência	Leitura da Amostra
Setor: Físico-Químico			
FQ085	Determinação de DQO	*5	6,5 mg/L O ₂ (ppm)
FQ086	Determinação de DBO	*5	3 mg/L O ₂
FQ075	Nitrogenio Total (Kjeldhal)	*5	0,5 mg/L NH ₃
FQ	Fósforo	*5	0,08 mg/L
FQ	Sólidos totais	*5	57 mg/100ml
Setor: Microbiologia****			
MB017	NMP de Coliformes Termotolerantes/ 45°C	*5	280 NMP/100ml



**LABORATÓRIO PARA GARANTIA DA QUALIDADE
ANÁLISE DE ALIMENTOS E ÁGUA**

CNPJ: 10.339.192/0001-19 Alvará: 117.765

LAUDO
Número
3941
Emissão
17.10.11

AMOSTRA: PONTO 2

Cód.:	Teste	Valor Referência	Leitura da Amostra
Setor: Físico-Químico			
FQ085	Determinação de DQO	*5	13,3mg/L O ₂ (ppm)
FQ086	Determinação de DBO	*5	7,2mg/L O ₂
FQ075	Nitrogenio Total (Kjeldhal)	*5	1,6 mg/L NH ₃
FQ	Fósforo	*5	0,3 mg/L
FQ	Sólidos totais	*5	95 mg/100ml
Setor: Microbiologia****			
MB017	NMP de Coliformes Termotolerantes/ 45°C	*5	2.300 NMP / 100ml

AMOSTRA: PONTO 3

Cód.:	Teste	Valor Referência	Leitura da Amostra
Setor: Físico-Químico			
FQ085	Determinação de DQO	*5	8,2 mg/L O ₂ (ppm)
FQ086	Determinação de DBO	*5	3,7 mg/L O ₂
FQ075	Nitrogenio Total (Kjeldhal)	*5	1,5 mg/L NH ₃
FQ	Fósforo	*5	0,26 mg/L
FQ	Sólidos totais	*5	89 mg/100ml
Setor: Microbiologia****			
MB017	NMP de Coliformes Termotolerantes/ 45°C	*5	1600 NMP / 100ml

Legenda:

*3 CONAMA 357/2005- Classificação dos corpos d'água e padrões de lançamento de efluentes

*4 CONAMA 397/2008 – Classificação dos corpos d'água e padrões de lançamentos de efluentes(alterações na CONAMA 357/2005)

*5 Valor de referencia estipulado pelo IAP – Instituto Ambiental do Parana.

*6 Sem referencia na PORTARIA 518/MS

***Os resultados da presente análise referem-se exclusivamente a amostra recebida no laboratório.

METODOLOGIA: "Standard Methods for the Examination of water and wastewater, 21 th Edition, 2007.

Arizangela

Arizangela A. de Lara
Responsável Técnica
CRBio 66427/07D



**LABORATÓRIO PARA GARANTIA DA QUALIDADE
ANÁLISE DE ALIMENTOS E ÁGUA**

CNPJ: 10.339.192/0001-19 Alvará: 117.765

LAUDO
Número
3962
Emissão
24.10.11

Dados do Cliente:

Nome: CRISTINA POLL BIGUELINI	Código: 451	Fone: 46 3524.4090
Endereço: RIO GRANDE DO SUL-1221	CEP: 85.601.050	Fax:
Cidade.: FRANCISCO BELTRÃO	Estado: Paraná	Celular:
CNPJ/CPF.:	IE/RG:	Contato: CRISTINA

Certificado Oficial de Análise

Dados da Amostra:

LAUDO Nº: 3962	EMISSÃO: 24.10.11	
Razão social: CRISTINA POLL BIGUELINI	CNPJ/CPF:	
Produto: ÁGUA DE RIO	Temp.Rec: 08°C	
Responsável pela Coleta: CRISTINA	Coletado em: 17.10.11	Recebida em: 17.10.11

Resultados das Análises Solicitadas***

AMOSTRA: PONTO 1

Cód.:	Teste	Valor Referência	Leitura da Amostra
Setor: Físico-Químico			
FQ085	Determinação de DQO	*5	5 mg/L O ₂ (ppm)
FQ086	Determinação de DBO	*5	2 mg/L O ₂
FQ075	Nitrogenio Total (Kjeldhal)	*5	0,7 mg/L NH ₃
FQ	Fósforo	*5	0,1 mg/L
FQ	Sólidos totais	*5	53 mg/100ml
Setor: Microbiologia****			
MB017	NMP de Coliformes Termotolerantes/ 45°C	*5	220 NMP/100ml



**LABORATÓRIO PARA GARANTIA DA QUALIDADE
ANÁLISE DE ALIMENTOS E ÁGUA**

CNPJ: 10.339.192/0001-19 Alvará: 117.765

LAUDO

Número
3962
Emissão
24.10.11

AMOSTRA: PONTO 2

Cód.:	Teste	Valor Referência	Leitura da Amostra
Setor: Físico-Químico			
FQ085	Determinação de DQO	*5	29 mg/L O ₂ (ppm)
FQ086	Determinação de DBO	*5	12,3 mg/L O ₂
FQ075	Nitrogenio Total (Kjeldhal)	*5	2,6 mg/L NH ₃
FQ	Fósforo	*5	0,5 mg/L
FQ	Sólidos totais	*5	104 mg/100ml
Setor: Microbiologia****			
MB017	NMP de Coliformes Termotolerantes/ 45°C	*5	2.300 NMP / 100ml

AMOSTRA: PONTO 3

Cód.:	Teste	Valor Referência	Leitura da Amostra
Setor: Físico-Químico			
FQ085	Determinação de DQO	*5	18 mg/L O ₂ (ppm)
FQ086	Determinação de DBO	*5	8,4 mg/L O ₂
FQ075	Nitrogenio Total (Kjeldhal)	*5	2 mg/L NH ₃
FQ	Fósforo	*5	0,3 mg/L
FQ	Sólidos totais	*5	64 mg/100ml
Setor: Microbiologia****			
MB017	NMP de Coliformes Termotolerantes/ 45°C	*5	1600 NMP / 100ml

Legenda:

*3 CONAMA 357/2005- Classificação dos corpos d'agua e padrões de lançamento de efluentes

*4 CONAMA 397/2008 – Classificação dos corpos d'agua e padrões de lançamentos de efluentes(alterações na CONAMA 357/2005)

*5 Valor de referencia estipulado pelo IAP – Instituto Ambiental do Parana.

*6 Sem referencia na PORTARIA 518/MS

***Os resultados da presente análise referem-se exclusivamente a amostra recebida no laboratório.

METODOLOGIA: "Standard Methods for the Examination of water and wastewater, 21 th Edition, 2007.

Arizangela

Arizangela A. de Lara
Responsável Técnica
CRBio 66427/07D



**LABORATÓRIO PARA GARANTIA DA QUALIDADE
ANÁLISE DE ALIMENTOS E ÁGUA**

CNPJ: 10.339.192/0001-19 Alvará: 117.765

LAUDO
Número
3987
Emissão
31.10.11

Dados do Cliente:

Nome: CRISTINA POLL BIGUELINI	Código: 451	Fone: 46 3524.4090
Endereço: RIO GRANDE DO SUL-1221	CEP: 85.601.050	Fax:
Cidade.: FRANCISCO BELTRÃO	Estado: Paraná	Celular:
CNPJ/CPF.:	IE/RG:	Contato: CRISTINA

Certificado Oficial de Análise

Dados da Amostra:

LAUDO Nº: 3987	EMIÇÃO: 31.10.11	
Razão social: CRISTINA POLL BIGUELINI	CNPJ/CPF:	
Produto: ÁGUA DE RIO	Temp.Rec: 08°C	
Responsável pela Coleta: CRISTINA	Coletado em: 24.10.11	Recebida em: 24.10.11

Resultados das Análises Solicitadas***

AMOSTRA: PONTO 1

Cód.:	Teste	Valor Referência	Leitura da Amostra
Setor: Físico-Químico			
FQ085	Determinação de DQO	*5	4 mg/L O ₂ (ppm)
FQ086	Determinação de DBO	*5	2 mg/L O ₂
FQ075	Nitrogenio Total (Kjeldhal)	*5	0,3 mg/L NH ₃
FQ	Fósforo	*5	0,15 mg/L
FQ	Sólidos totais	*5	58 mg/100ml
Setor: Microbiologia****			
MB017	NMP de Coliformes Termotolerantes/ 45°C	*5	94 NMP/100ml



**LABORATÓRIO PARA GARANTIA DA QUALIDADE
ANÁLISE DE ALIMENTOS E ÁGUA**

CNPJ: 10.339.192/0001-19 Alvará: 117.765

LAUDO

Número
3987
Emissão
31.10.11

AMOSTRA: PONTO 2

Cód.:	Teste	Valor Referência	Leitura da Amostra
Setor: Físico-Químico			
FQ085	Determinação de DQO	*5	24 mg/L O ₂ (ppm)
FQ086	Determinação de DBO	*5	13 mg/L O ₂
FQ075	Nitrogenio Total (Kjeldhal)	*5	0,7 mg/L NH ₃
FQ	Fósforo	*5	0,4 mg/L
FQ	Sólidos totais	*5	90 mg/100ml
Setor: Microbiologia****			
MB017	NMP de Coliformes Termotolerantes/ 45°C	*5	1600 NMP / 100ml

AMOSTRA: PONTO 3

Cód.:	Teste	Valor Referência	Leitura da Amostra
Setor: Físico-Químico			
FQ085	Determinação de DQO	*5	13 mg/L O ₂ (ppm)
FQ086	Determinação de DBO	*5	7 mg/L O ₂
FQ075	Nitrogenio Total (Kjeldhal)	*5	0,6 mg/L NH ₃
FQ	Fósforo	*5	0,25 mg/L
FQ	Sólidos totais	*5	85 mg/100ml
Setor: Microbiologia****			
MB017	NMP de Coliformes Termotolerantes/ 45°C	*5	540 NMP / 100ml

Legenda:

*3 CONAMA 357/2005- Classificação dos corpos d'agua e padrões de lançamento de efluentes

*4 CONAMA 397/2008 – Classificação dos corpos d'agua e padrões de lançamentos de efluentes(alterações na CONAMA 357/2005)

*5 Valor de referencia estipulado pelo IAP – Instituto Ambiental do Parana.

*6 Sem referencia na PORTARIA 518/MS

***Os resultados da presente análise referem-se exclusivamente a amostra recebida no laboratório.

METODOLOGIA: "Standard Methods for the Examination of water and wastewater, 21 th Edition, 2007.

Arizangela

Arizangela A. de Lara
Responsável Técnica
CRBio 66427/07D

APÊNDICE 2: Tabelas de resultados gerais

Tabela 12- Panorama geral dos resultados no local de monitoramento a montante do perímetro urbano, em agosto de 2011

Data coleta	DQO (mg/L)	DBO (mg/L)	NITROG TT (mg/L)	FOSF. (mg/L)	SOLIDOS TT (mg/L)	OXIG DISS (mg/L)	PH	T°C	TURBIDEZ (NTU)	CONDUT. (uS/cm)	STD (mg/L)	COLIF.TERMT. (NMP/100ml)	IQA	IET	VAZÃO (m ³ /s)
05.08.2011	12,80	6,70	8,50	0,08	18,00	7,60	6,14	12,50	5,27	41,70	29,19	350,00	61,20	59,90	8,30
16.08.2011	5,70	2,50	3,20	0,09	40,00	8,20	6,86	17,00	41,00	19,20	13,44	110,00	70,90	59,90	2,25
25.08.2011	26,90	11,70	3,70	0,30	102,00	7,80	5,99	14,50	32,00	40,20	28,14	170,00	57,90	61,90	14,10
31.08.2011	16,60	7,40	2,40	0,70	71,00	7,80	6,79	17,00	239,00	36,70	25,69	32,00	55,20	63,10	9,90
Media	15,50	7,08	4,45	0,29	57,75	7,85	6,45	15,25	79,32	34,45	24,12	165,50	61,30	61,20	8,64
Desvio padrão	8,84	3,77	2,75	0,29	36,65	0,25	0,44	2,18	107,53	10,38	7,27	135,36	6,85	1,58	4,91
Coeficiente de variação	0,57	0,53	0,62	1,00	0,63	0,03	0,07	0,14	1,36	0,30	0,30	0,82	0,11	0,03	0,57

Tabela 13- Panorama geral dos resultados no local de monitoramento à jusante do perímetro urbano, em agosto de 2011

Data coleta	DQO (mg/L)	DBO (mg/L)	NITROG TT (mg/L)	FOSF. (mg/L)	SOLIDOS TT (mg/L)	OXIG DISS (mg/L)	PH	T°C	TURBIDEZ (NTU)	CONDUT. (uS/cm)	STD (mg/L)	COLIF.TERMT. (NMP/100ml)	IQA	IET	VAZÃO (m ³ /s)
05.08.2011	17,70	10,10	7,20	0,04	44,00	7,30	6,25	13,70	11,20	45,50	31,85	1600,00	55,50	58,90	25,70
16.08.2011	14,40	9,20	3,50	3,10	46,00	7,80	6,80	19,00	53,10	19,60	13,72	2300,00	47,30	65,20	40,00
25.08.2011	28,80	12,40	4,50	2,10	128,00	8,50	6,21	16,00	31,10	1208,00	845,60	2300,00	47,10	64,70	55,80
31.08.2011	21,40	10,30	3,30	3,20	97,00	7,70	6,75	18,00	362,00	1306,00	914,20	700,00	42,00	65,30	33,70
Media	20,58	10,50	4,63	2,11	78,75	7,83	6,50	16,68	114,35	644,78	451,34	1725,00	47,98	63,53	38,80
Desvio padrão	6,18	1,35	1,80	1,47	40,98	0,50	0,32	2,34	165,98	708,15	495,70	758,84	5,58	3,09	12,75
Coeficiente de variação	0,30	0,13	0,39	0,70	0,52	0,06	0,05	0,14	1,45	1,10	1,10	0,44	0,12	0,05	0,33

Tabela 14- Panorama geral dos resultados no local de monitoramento próximo a foz com o rio Santana, em agosto de 2011

Data coleta	DQO (mg/L)	DBO (mg/L)	NITROG TT (mg/L)	FOSF. (mg/L)	SOLIDOS TT (mg/L)	OXIG DISS (mg/L)	PH	T°C	TURBIDEZ (NTU)	CONDUT. (uS/cm)	STD (mg/L)	COLIF.TERMT. (NMP/100ml)	IQA	IET	VAZÃO (m ³ /s)
05.08.2011	21,40	11,60	7,20	0,20	46,00	7,20	6,28	14,00	8,00	47,30	33,11	190,00	59,40	61,30	59,00
16.08.2011	25,40	12,20	3,80	0,80	51,00	7,20	6,53	18,00	53,30	44,40	31,08	1200,00	50,80	63,30	24,30
25.08.2011	29,10	15,80	4,05	0,80	90,00	8,00	6,52	15,00	42,50	1185,00	829,50	920,00	50,70	63,30	116,40
31.08.2011	18,80	9,10	2,80	2,10	65,00	7,50	6,84	18,00	91,40	1260,00	882,00	350,00	50,90	64,70	74,90
Media	23,68	12,18	4,46	0,98	63,00	7,48	6,54	16,25	48,80	634,18	443,92	665,00	52,95	63,15	68,65
Desvio padrão	4,52	2,76	1,90	0,80	19,71	0,38	0,23	2,06	34,35	680,03	476,02	474,73	4,30	1,40	38,21
Coeficiente de variação	0,19	0,23	0,43	0,82	0,31	0,05	0,04	0,13	0,70	1,07	1,07	0,71	0,08	0,02	0,56

Tabela 15 - Panorama geral dos resultados no local de monitoramento à montante do perímetro urbano, em outubro de 2011

Data coleta	DQO (mg/L)	DBO (mg/L)	NITROG TT (mg/L)	FOSF. (mg/L)	SOLIDOS TT (mg/L)	OXIG DISS (mg/L)	PH	T°C	TURBIDEZ (NTU)	CONDUT. (uS/cm)	STD (mg/L)	COLIF.TERMT. (NMP/100ml)	IQA	IET	VAZÃO (m ³ /s)
03.10.2011	48,60	21,50	42,00	9,00	332,00	7,20	6,72	19,00	16,80	253,80	177,66	1200,00	33,24	58,00	1,30
10.10.2011	6,50	3,00	0,50	0,08	57,00	7,30	7,38	20,00	85,60	47,70	33,39	280,00	65,50	58,00	8,20
17.10.2011	5,00	2,00	0,70	0,10	53,00	7,30	8,24	20,00	42,70	123,00	86,10	220,00	69,10	58,00	13,50
24.10.2011	4,00	2,00	0,30	0,15	58,00	7,30	7,90	20,00	14,80	44,60	31,22	94,00	75,20	60,00	1,20
Media	16,03	7,13	10,88	2,33	125,00	7,28	7,56	19,75	39,98	117,28	82,09	448,50	60,76	58,50	6,05
Desvio padrão	21,74	9,59	20,75	4,45	138,02	0,05	0,66	0,50	32,96	97,97	68,58	506,96	18,78	1,00	5,95
Coeficiente de variação	1,36	1,35	1,91	1,91	1,10	0,01	0,09	0,03	0,82	0,84	0,84	1,13	0,31	0,02	0,98

Tabela 16- Panorama geral dos resultados no local de monitoramento à jusante do perímetro urbano, em outubro de 2011

Data coleta	DQO (mg/L)	DBO (mg/L)	NITROG TT (mg/L)	FOSF. (mg/L)	SOLIDOS TT (mg/L)	OXIG DISS (mg/L)	PH	T°C	TURBIDEZ (NTU)	CONDUT. (uS/cm)	STD (mg/L)	COLIF.TERMT. (NMP/100ml)	IQA	IET	VAZÃO (m ³ /s)
03.10.2011	79,00	40,00	2,00	0,50	95,00	6,70	6,90	20,00	23,60	64,10	44,87	>2300	41,70	57,00	27,70
10.10.2011	13,30	7,20	1,60	0,30	95,00	7,80	7,40	19,00	82,40	1011,00	707,70	2300,00	55,20	60,00	37,40
17.10.2011	29,00	12,30	2,60	0,50	104,00	7,70	8,05	20,00	40,90	62,80	43,96	2300,00	53,20	59,00	60,60
24.10.2011	24,00	13,00	0,70	0,40	90,00	7,60	7,70	21,50	18,40	54,30	38,01	1600,00	57,70	59,00	26,50
Media	36,33	18,13	1,73	0,43	96,00	7,45	7,51	20,13	41,33	298,05	208,64	2066,67	51,95	58,75	38,05
Desvio padrão	29,19	14,81	0,80	0,10	5,83	0,51	0,49	1,03	29,02	475,32	332,72	404,15	7,08	1,26	15,81
Coefficiente de variação	0,80	0,82	0,46	0,23	0,06	0,07	0,06	0,05	0,70	1,59	1,59	0,20	0,14	0,02	0,42

Tabela 17 - Panorama geral dos resultados no local de monitoramento próximo a foz com o rio Santana, em outubro de 2011

Data coleta	DQO (mg/L)	DBO (mg/L)	NITROG TT (mg/L)	FOSF. (mg/L)	SOLIDOS TT (mg/L)	OXIG DISS (mg/L)	PH	T°C	TURBIDEZ (NTU)	CONDUT. (uS/cm)	STD (mg/L)	COLIF.TERMT. (NMP/100ml)	IQA	IET	VAZÃO (m ³ /s)
03.10.2011	31,40	16,20	1,50	0,70	82,00	6,50	6,79	19,00	61,80	20,30	14,21	>2300	50,90	58,00	19,90
10.10.2011	8,20	3,70	1,50	0,26	89,00	7,50	7,45	20,00	275,00	55,00	38,50	1600,00	52,10	59,00	61,60
17.10.2011	18,00	8,40	2,00	0,30	64,00	7,40	7,90	20,00	39,20	278,00	194,60	1600,00	57,90	59,00	114,80
24.10.2011	13,00	7,00	0,60	0,25	85,00	7,40	7,55	21,00	16,00	51,80	36,26	540,00	65,80	59,00	4,80
Media	17,65	8,83	1,40	0,38	80,00	7,20	7,42	20,00	98,00	101,28	70,89	1246,67	56,68	58,75	50,28
Desvio padrão	10,00	5,30	0,58	0,22	11,05	0,47	0,46	0,82	119,47	118,85	83,20	611,99	6,81	0,50	49,27
Coefficiente de variação	0,57	0,60	0,42	0,57	0,14	0,07	0,06	0,04	1,22	1,17	1,17	0,49	0,12	0,01	0,98

APENDICE 3 - Tabelas de NMP

Tabela 1. Número Mais Provável por grama ou mL, para séries de 3 tubos com inóculos de 0,1, 0,01 e 0,001 g ou mL e respectivos intervalos de confiança 95%.

Número de Tubos Positivos			NMP/g ou mL	Intervalo Confiança (95%)	
0,1	0,01	0,001		Inferior	Superior
0	0	0	<3,0	-, -	9,5
0	0	1	3,0	0,15	9,6
0	1	0	3,0	0,15	11
0	1	1	6,1	1,2	18
0	2	0	6,2	1,2	18
0	3	0	9,4	3,6	38
1	0	0	3,6	0,17	18
1	0	1	7,2	1,3	18
1	0	2	11	3,6	38
1	1	0	7,4	1,3	20
1	1	1	11	3,6	38
1	2	0	11	3,6	42
1	2	1	15	4,5	42
1	3	0	16	4,5	42
2	0	0	9,2	1,4	38
2	0	1	14	3,6	42
2	0	2	20	4,5	42
2	1	0	15	3,7	42
2	1	1	20	4,5	42
2	1	2	27	8,7	94
2	2	0	21	4,5	42
2	2	1	28	8,7	94
2	2	2	35	8,7	94
2	3	0	29	8,7	94
2	3	1	36	8,7	94
3	0	0	23	4,6	94
3	0	1	38	8,7	110
3	0	2	64	17	180
3	1	0	43	9	180
3	1	1	75	17	200
3	1	2	120	37	420
3	1	3	160	40	420

3	2	0	93	18	420
3	2	1	150	37	420
3	2	2	210	40	430
3	2	3	290	90	1000
3	3	0	240	42	1000
3	3	1	460	90	2000
3	3	2	1100	180	4100
3	3	3	>1100	420	-, -

Tabela 2. Número Mais Provável por 100mL, para séries de 3 tubos com inóculos de 10 mL, 1,0 mL e 0,1 mL, e respectivos intervalos de confiança 95%.

Número de Tubos Positivos			NMP/g ou mL	Intervalo Confiança (95%)	
10	1,0	0,1		Inferior	Superior
0	0	0	<3,0	.-	9,5
0	0	1	3,0	0,15	9,6
0	1	0	3,0	0,15	11
0	1	1	6,1	1,2	18
0	2	0	6,2	1,2	18
0	3	0	9,4	3,6	38
1	0	0	3,6	0,17	18
1	0	1	7,2	1,3	18
1	0	2	11	3,6	38
1	1	0	7,4	1,3	20
1	1	1	11	3,6	38
1	2	0	11	3,6	42
1	2	1	15	4,5	42
1	3	0	16	4,5	42
2	0	0	9,2	1,4	38
2	0	1	14	3,6	42
2	0	2	20	4,5	42
2	1	0	15	3,7	42
2	1	1	20	4,5	42
2	1	2	27	8,7	94
2	2	0	21	4,5	42
2	2	1	28	8,7	94
2	2	2	35	8,7	94
2	3	0	29	8,7	94
2	3	1	36	8,7	94
3	0	0	23	4,6	94
3	0	1	38	8,7	110
3	0	2	64	17	180
3	1	0	43	9	180
3	1	1	75	17	200
3	1	2	120	37	420
3	1	3	160	40	420
3	2	0	93	18	420
3	2	1	150	37	420
3	2	2	210	40	430
3	2	3	290	90	1000
3	3	0	240	42	1000
3	3	1	460	90	2000
3	3	2	1100	180	4100
3	3	3	>1100	420	.-

Fonte: Bacteriological Analytical Manual Online, 2001.

Tabela 3. NMP por grama ou mL para séries de 10 tubos com inóculos de 10 mL, 1,0 mL e 0,1mL e respectivos intervalos de confiança 95%.

Número de Tubos Positivos			NMP/g ou mL	Intervalo Confiança (95%)	
10	1,0	0,1		Inferior	Superior
0	0	0	<0,9	-.-	3,1
0	0	1	0,9	0,04	3,1
0	0	2	1,8	0,35	5,1
0	1	0	0,9	0,04	3,6
0	1	1	1,8	0,33	5,1
0	2	0	1,8	0,33	5,1
0	2	1	2,7	0,8	7,2
0	3	0	2,7	0,8	7,2
1	0	0	0,94	0,05	5,1
1	0	1	1,9	0,33	5,1
1	0	2	2,8	0,8	7,2
1	1	0	1,9	0,33	5,7
1	1	1	2,9	0,8	7,2
1	1	2	3,8	1,4	9
1	2	0	2,9	0,8	7,2
1	2	1	3,8	1,4	9
1	3	0	3,8	1,4	9
1	3	1	4,8	2,1	11
1	4	0	4,8	2,1	11
2	0	0	2	0,37	7,2
2	0	1	3	0,81	7,3
2	0	2	4	1,4	4,9
2	1	0	3	0,82	7,8
2	1	1	4	1	4,9
2	1	2	5	2,1	11
2	2	0	4	1,4	9,1
2	2	1	5	2,1	11
2	2	2	6,1	3	14
2	3	0	5,1	2,1	11
2	3	1	6,1	3	14
2	4	0	6,1	3	14
2	4	1	7,2	3,1	15
2	5	0	7,2	3,1	15
3	0	0	3,2	0,9	9
3	0	1	4,2	1,4	9,1
3	0	2	5,3	2,1	11
3	1	0	4,2	1,4	10
3	1	1	5,3	2,1	11
3	1	2	6,4	3	14
3	2	0	5,3	2,1	12
3	2	1	6,4	3	14
3	2	2	7,5	3,1	15
3	3	0	6,5	3	14

3	3	1	7,6	3,1	15
3	3	2	8,7	3,6	17
3	4	0	7,6	3,1	15
3	4	1	8,7	3,6	17
3	5	0	8,8	3,6	17
4	0	0	4,5	1,6	11
4	0	1	5,6	2,2	12
4	0	2	6,8	3	14
4	1	0	5,6	2,2	12
4	1	1	6,8	3	14
4	1	2	8	3,6	17
4	2	0	6,8	3	15
4	2	1	8	3,6	17
4	2	2	9,2	3,7	17
4	3	0	8,1	3,6	17
4	3	1	9,3	4,5	18
4	3	2	10	5	20
4	4	0	9,3	4,5	18
4	4	1	11	5	20
4	5	0	11	5	20
4	5	1	12	5,6	22
4	6	0	12	5,6	22
4	6	0	12	5,6	22
5	0	0	6	2,5	14
5	0	1	7,2	3,1	15
5	0	2	8,5	3,6	17
5	0	3	9,8	4,5	18
5	1	0	7,3	3,1	15
5	1	1	8,5	3,6	17
5	1	2	9,8	4,5	18
5	1	3	11	5	21
5	2	0	8,6	3,6	17
5	2	1	9,9	4,5	18
5	2	2	11	5	21
5	3	0	10	4,5	18
5	3	1	11	5	21
5	3	2	13	5,6	23
5	4	0	11	5	21
5	4	1	13	5,6	23
5	4	2	14	7	26
5	5	0	13	6,3	25
5	5	1	14	7	26
5	6	0	14	7	26
6	0	0	7,8	3,1	17
6	0	1	9,2	3,6	17
6	0	2	11	5	20
6	0	3	12	5,6	22
6	1	0	9,2	3,7	18
6	1	1	11	5	21
6	1	2	12	5,6	22
6	1	3	14	7	26
6	2	0	11	5	21
6	2	1	12	5,6	22
6	2	2	14	7	26
6	2	3	15	7,4	30

6	3	0	15	5,6	23
6	3	1	14	7	26
6	3	2	15	7,4	30
6	4	0	14	7	26
6	4	1	15	7,4	30
6	4	2	17	9	34
6	5	10	16	7,4	30
6	5	1	17	9	34
6	5	2	19	9	34
6	6	0	17	9	34
6	6	1	19	9	34
6	7	0	19	9	34
7	0	0	10	4,5	20
7	0	1	12	5	21
7	0	2	13	6,3	25
7	0	3	15	7,2	28
7	1	0	12	5	22
7	1	1	13	6,3	25
7	1	2	15	7,2	28
7	1	3	17	7,7	31
7	2	0	13	6,4	26
7	2	1	15	7,2	28
7	2	2	17	7,7	31
7	2	3	19	9	34
7	0	3	15	7,2	30
7	3	0	15	7,2	30
7	3	1	17	9	34
7	3	2	19	9	34
7	3	3	21	10	39
7	4	0	17	9	34
7	4	1	19	9	34
7	4	2	21	10	39
7	4	3	23	11	44
7	5	0	19	9	34
7	5	1	21	10	39
7	5	2	23	11	44
7	6	0	21	10	39
7	6	1	23	11	44
7	6	2	25	12	46
7	7	0	23	11	44
7	7	1	26	12	50
8	0	0	13	5,6	25
8	0	1	15	7	26
8	0	2	17	7,5	30
8	0	3	19	9	34
8	1	0	15	7,1	28
8	1	1	17	7,7	31
8	1	2	19	9	34
8	1	3	21	10	39
8	2	0	17	7,7	34
8	2	1	19	9	34
8	2	2	21	10	39
8	2	3	23	22	44
8	3	0	19	9	34
8	3	1	21	10	39

8	3	2	24	11	44
8	3	3	26	12	50
8	4	0	22	10	39
8	4	1	24	11	44
8	4	2	26	12	50
8	4	3	29	14	58
8	5	0	24	11	44
8	5	1	27	12	50
8	5	2	29	14	58
8	5	3	32	15	62
8	6	0	27	12	50
8	6	1	30	14	58
8	6	2	33	15	62
8	7	0	30	14	58
8	7	1	33	17	73
8	7	2	36	17	74
8	8	0	34	17	73
8	8	1	37	17	74
9	0	0	17	7,5	31
9	0	1	19	9	34
9	0	2	22	10	39
9	0	3	24	11	44
9	1	0	19	9	39
9	1	1	22	10	40
9	1	2	25	11	44
9	1	3	28	14	58
9	1	4	31	14	58
9	2	0	22	10	44
9	2	1	25	11	46
9	2	2	28	14	58
9	2	3	32	14	58
9	2	4	35	17	73
9	3	0	25	12	50
9	3	1	29	14	58
9	3	2	32	15	62
9	3	3	36	17	74
9	3	4	40	20	91
9	4	0	29	14	58
9	4	1	33	15	62
9	4	2	37	17	74
9	4	3	41	20	91
9	4	4	45	20	91
9	5	0	33	17	73
9	5	1	37	17	74
9	5	2	42	20	91
9	5	3	46	20	91

9	5	4	51	25	120
9	6	0	38	17	74
9	6	1	43	20	91
9	6	2	47	21	100
9	6	3	53	25	120
9	7	0	44	20	91
9	7	1	49	21	100
9	7	2	54	25	120
9	7	3	60	26	120

9	8	0	50	25	120
9	8	1	55	25	120
9	8	2	61	26	120
9	8	3	68	30	140
9	9	0	57	25	120
9	9	1	63	30	140
9	9	2	70	30	140
10	0	0	23	11	44
10	0	1	27	12	50
10	0	2	31	14	58
10	0	3	37	17	73
10	1	0	27	12	57
10	1	1	32	14	61
10	1	2	38	17	74
10	1	3	44	20	91
10	1	4	52	25	120
10	2	0	33	15	73
10	2	1	39	17	79
10	2	2	46	20	91
10	2	3	54	25	120
10	2	4	63	30	140
10	3	0	40	17	91
10	3	1	47	20	100
10	3	2	56	25	120
10	3	3	66	30	140
10	3	4	77	34	150
10	3	5	89	39	180
10	4	0	49	21	120
10	4	1	59	25	120
10	4	2	70	30	150
10	4	3	82	38	180
10	4	4	94	44	180
10	4	5	110	50	210
10	5	0	62	26	140
10	5	1	74	30	150
10	5	2	87	38	180
10	5	3	100	44	180
10	5	4	110	50	210
10	5	5	130	57	220
10	5	6	140	70	280
10	6	0	79	34	180
10	6	1	94	39	180
10	6	2	110	50	210
10	6	3	120	57	220

10	6	4	140	70	280
10	6	5	160	74	208
10	6	6	180	91	350
10	7	0	100	44	210
10	7	1	120	50	220
10	7	2	140	61	280
10	7	3	150	73	280
10	7	4	170	91	350
10	7	5	190	91	350
10	7	6	220	100	380
10	7	7	240	110	480

10	8	0	130	60	250
10	8	1	150	70	280
10	8	2	170	80	350
10	8	3	200	90	350
10	8	4	220	100	380
10	8	5	250	120	480
10	8	5	250	120	480
10	8	6	280	120	480
10	8	7	310	150	620
10	8	8	350	150	620
10	9	0	170	74	310
10	9	1	200	91	380
10	9	2	230	100	480
10	9	3	260	120	480
10	9	4	300	140	620
10	9	5	350	150	630
10	9	6	400	180	820
10	9	7	460	210	970
10	9	8	530	210	970
10	9	9	610	280	1300
10	10	0	240	110	480
10	10	1	290	120	620
10	10	2	350	150	820
10	10	3	430	180	970
10	10	4	540	210	1300
10	10	6	700	280	1500
10	10	6	920	350	1900
10	10	7	1200	480	2400
10	10	8	1600	620	3400
10	10	9	2300	810	5300
10	10	10	> 2300	1300	.-

Fonte: Adaptado Bacteriological Analytical Manual Online, 2001.