

UNIVERSIDADE FEDERAL DE MINAS GERAIS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM SANEAMENTO,
MEIO AMBIENTE E RECURSOS HÍDRICOS

PROPOSIÇÃO DE UM ÍNDICE PARA
AValiação DO DESEMPENHO DE ESTAÇÕES
CONVENCIONAIS DE TRATAMENTO DE ÁGUA

Vanessa Cristina Lopes

Belo Horizonte

2005

**Proposição de um Índice para Avaliação do Desempenho
de Estações Convencionais de Tratamento de Água**

Vanessa Cristina Lopes

Vanessa Cristina Lopes

**Proposição de um Índice para Avaliação de Desempenho
de Estações Convencionais de Tratamento de Água**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-graduação em Saneamento, Meio Ambiente e Recursos Hídricos da Universidade Federal de Minas Gerais, como requisito parcial à obtenção do título de Mestre em Saneamento, Meio Ambiente e Recursos Hídricos.

Área de concentração: Saneamento

Linha de pesquisa: Avaliação, modelagem e controle do tratamento de águas de abastecimento.

Orientador: Marcelo Libânio

Belo Horizonte
Escola de Engenharia da UFMG

2005

Página com as assinaturas dos membros da banca examinadora, fornecida pelo Colegiado do Programa

À Maria de Jesus Gameiro e à Leonor Giavarotti

E eu pergunto aos economistas políticos, aos moralistas, se já calcularam o número de indivíduos que é forçoso condenar à miséria, ao trabalho desproporcionado, à desmoralização, à infância, à ignorância crapulosa, à desgraça invencível, à penúria absoluta, para produzir um rico?

Almeida Garret

AGRADECIMENTOS

Agradeço a todos de direta ou indiretamente colaboraram para a concretização deste trabalho. Agradeço a todos os professores do DESA e EHR/UFMG especialmente aos professores Léo Heller, Valter Lúcio de Pádua e ao meu orientador Marcelo Libânio, tanto pelas sugestões quanto pelo exemplo de dedicação e trabalho.

À todos os painelistas que contribuíram tanto para a determinação dos parâmetros e pesos a serem incluídos no trabalho como com inúmeros comentários e sugestões.

À todas as empresas de saneamento ou serviços autônomos que prontamente disponibilizaram os dados físicos e de operação das estações tornando possível a aplicação da ferramenta desenvolvida.

Aos amigos e funcionários do DESA e EHR pelos momentos de alegria e companheirismo.

Finalmente, muito obrigado a CAPES, que por meio da bolsa de pesquisa concedida, financiou este projeto.

RESUMO

O presente trabalho tem como objetivo a proposição de um Índice de Qualidade da Estação de Tratamento de Água – IQETA – que permita às administrações de sistemas de abastecimento comparar o desempenho das estações por meio de uma metodologia que transcenda o simples atendimento ao padrão de potabilidade vigente.

O universo deste trabalho limitou-se a estações com tecnologia convencional de tratamento, dotadas de decantadores de escoamento horizontal, tratando água bruta com características típicas da região sudeste, cujo objetivo consiste na produção de água tratada com turbidez inferior a 0,5 uT e ausência de coliformes totais conforme Portaria 518/04.

A metodologia para a elaboração do IQETA foi dividida em três etapas sendo fundamentada basicamente na mesma utilizada para o desenvolvimento do IQA (Índice de Qualidade da Água). Na primeira etapa foram levantados por meio de uma pesquisa de opinião aplicada a um grupo de 18 especialistas da área de tratamento de água, os parâmetros intervenientes no desempenho das estações com tecnologia de tratamento convencional bem como seus respectivos pesos. Esta pesquisa seguiu as características da metodologia Delphi como o anonimato, o *feedback* e a representação estatística dos resultados. Na segunda etapa do trabalho foram desenvolvidos critérios de pontuação a partir das recomendações da ABNT (1992). A terceira e última etapa constituiu-se da aplicação do IQETA a dez estações de portes distintos dos estados de São Paulo e Minas Gerais.

Os resultados desta aplicação demonstraram uma tendência das estações produzindo água filtrada de melhor qualidade, no que se refere a valores de turbidez, serem contempladas com maiores valores para o IQETA. No entanto as baixas correlações entre o IQETA e os valores de turbidez indicam a possibilidade de utilização do índice como uma ferramenta capaz de auxiliar na administração de sistemas de produção de água, uma vez que é composto de parâmetros complementares aos indicadores de desempenho normalmente utilizados, como por exemplo, a turbidez.

ABSTRACT

This research work aims the proposal of a Water Treatment Plant Quality Index (WTPQI), applied on the conventional plants, to compare the performance of plants by means a methodology beyond compliance Brazilian water standards.

The scope of this work is limited to plants with conventional technology of treatment endowed with rectangular settling basins and treating raw water with Brazilian southeastern region typical characteristics, whose objective consists of the water production with turbidity values under 0,5 NTU and total coliforms absence.

The WTPQI methodology was divided in three stages and was based on the same utilized for developing the Water Quality Index (WQI). In the first stage a Delphi survey was conducted to pool expert opinion of 18 specialists in water treatment on the relevance of intervening parameters in plants performance. In the second stage, a punctuation criteria had been developed. The third and last stage consisted of the WTPQI application to ten plants of distinct ports located in São Paulo and Minas Gerais.

The results of this application have demonstrated a trend of the stations producing filtered water with better quality to be contemplated with bigger WTPQI values. This fact showed the usefulness of the index as a tool able to help water supply systems management.

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	1
2	OBJETIVOS	5
2.1	OBJETIVO GERAL.....	5
2.2	OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	5
3	REVISÃO DA LITERATURA	6
3.1	TENDÊNCIAS PARA A OTIMIZAÇÃO DO TRATAMENTO CONVENCIONAL.....	6
3.2	METODOLOGIA DELPHI.....	11
3.3	O DESENVOLVIMENTO DE ÍNDICES.....	14
4	METODOLOGIA	19
4.1	PESQUISA DE OPINIÃO.....	20
4.2	DESENVOLVIMENTO DOS CRITÉRIOS DE PONTUAÇÃO.....	22
4.3	APLICAÇÃO DO IQETA ÀS ESTAÇÕES DE TRATAMENTO DE ÁGUA.....	23
4.3.1	<i>Exemplo de calculo do IQETA</i>	23
4.3.2	<i>Comparação entre os valores do IQETA com os valores da turbidez da água filtrada</i>	26
4.3.3	<i>Construção do diagrama de capacidade</i>	28
5	RESULTADOS E DISCUSSÃO	31
5.1	RESULTADOS DA PESQUISA DE OPINIÃO.....	31
5.2	DESENVOLVIMENTO DOS CRITÉRIOS DE PONTUAÇÃO.....	37
5.2.1	<i>Grupo Mistura Rápida</i>	37
5.2.2	<i>Grupo Floculação</i>	39
5.2.3	<i>Grupo Decantação</i>	47
5.2.4	<i>Grupo Filtração</i>	54
5.2.5	<i>Grupo Desinfecção</i>	65
5.2.6	<i>Grupo Fatores Operacionais</i>	71
5.3	APLICAÇÃO DO IQETA.....	72
6	CONCLUSÕES	92
7	RECOMENDAÇÕES	94
8	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	95
9	APÊNDICES	99
	APÊNDICE I.....	100
	APÊNDICE II.....	108
	APÊNDICE III.....	118
	APÊNDICE IV.....	122
	APÊNDICE V.....	128
	APÊNDICE VI.....	133
	APÊNDICE VII.....	136
	APÊNDICE VIII.....	139
	APÊNDICE IX.....	143
	APÊNDICE X.....	148
	APÊNDICE XI.....	153
	APÊNDICE XII.....	160
	APÊNDICE XIII.....	163
	APÊNDICE XIV.....	166

APÊNDICE XV	169
APÊNDICE XVI.....	172
APÊNDICE XVII	175
APÊNDICE XVIII.....	187

LISTA DE ABREVIATURAS E SÍMBOLOS

ASCE – American Society of Civil Engineers
AWWA – American Water Works Association
AWWARF – American Water Works Association Research Foundation
CCP - Composite Correction Program
CPE – Comprehensive Performance Evaluation
CTA - Comprehensive Technical Assistance
Cetesb – Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental
Cesb - Companhia Estadual de Saneamento
Copasa – Companhia Estadual de Saneamento de Minas Gerais
Dcarr - Duração da Carreira de Filtração
DEP – Department of Environmental Protection
 δp - Gradiente de velocidade nas passagens entre câmaras
Exp - Expansão do Leito Filtrante
ETA – Estação de tratamento de água
FPPE – Filter Plant Performance Evaluation
Funasa - Fundação Nacional de Saúde
Gcom - Gradiente de velocidade nas comportas de acesso ao Decantador
Gcor - Gradiente de velocidade através dos orifícios da Cortina de Distribuição
 G_f - Gradiente de velocidade da Floculação
 G_{MR} - Gradiente de velocidade da Mistura Rápida
IQA - Índice de Qualidade da Água
IQETA – Índice de Qualidade de Estações de Tratamento
Jtest - Realização de ensaios de Jar Test
Lar - Lavagem Auxiliar com Ar
Lágua - Lavagem Auxiliar com Água
Nc - Número de câmaras
Nch - Número de Chicanas no tanque de contato
GI - Grau de instrução da equipe de operação
Planasa - Plano Nacional de Saneamento
 Q_L - Vazão linear de coleta de água decantada
SDWA - Safe Drink Water Act

T_c - Tempo de detenção no tanque de contato

T_f - Tempo de Floculação

T_{filt} - Taxa de Filtração

T_{MR} - Tempo de agitação da Mistura Rápida

Usepa – U. S. Environmental Protection Agency

Vasc - Velocidade ascensional de lavagem

V_c - Velocidade média de escoamento no canal de água floculada

V_L - Velocidade Longitudinal de escoamento

V_s - Velocidade de Sedimentação ou taxa de aplicação superficial

LISTA DE FIGURAS

Figura 1-1 - Porcentagem de estações com tecnologia de tratamento convencional por estado (DI BERNANDO <i>et al</i> , 2003)	3
Figura 4-1-Fluxograma da pesquisa de opinião	20
Figura 4-2 – Exemplo de diagrama de capacidade	30
Figura 5-1 - % de Inclusão dos parâmetros no 1º e 2º questionários.....	33
Figura 5-2 – Impacto do feedback nas respostas do segundo questionário	34
Figura 5-3 – Comparação das respostas do primeiro questionário com as do segundo	35
Figura 5-4 – Hierarquização dos parâmetros por meio da mediana acumulada dos pesos.....	36
Figura 5-5 – Demonstração da tendência assintótica da eficiência calculada pelo modelo de Argaman e Kaufman com o aumento do tempo de floculação	42
Figura 5-6 – Critério de pontuação desenvolvido para o par G_f-T_f em floculadores mecanizados	45
Figura 5-7 – Critério de pontuação desenvolvido para o par G_f-T_f em floculadores hidráulicos	45
Figura 5-8 – Critério de pontuação desenvolvido para V_s	50
Figura 5-9 – Critério de pontuação desenvolvido para Q_L	53
Figura 5-10 – Critério de pontuação desenvolvido para V_L	54
Figura 5-11 – Critério de pontuação desenvolvido para T_{filt}	59
Figura 5-12 – Critério de pontuação para V_{asc}/Exp	62
Figura 5-13 – Critério de pontuação desenvolvido para o parâmetro D_{carr}	65
Figura 5-14 – Critério de pontuação desenvolvido para T_c	70
Figura 5-15 – Variação do IQETA para todo o período de coleta de dados	74
Figura 5-16 – Correlação entre o IQETA somatório e a turbidez da água filtrada – P. chuvoso	76
Figura 5-17 – Correlação entre o IQETA somatório e a turbidez da água filtrada – P. seco... 76	76
Figura 5-18 – Correlação entre o IQETA somatório e a turbidez da água filtrada – P. chuvoso	77
Figura 5-19 – Correlação entre o IQETA somatório e a turbidez da água filtrada – P. seco... 77	77
Figura 5-20 – Correlação entre o IQETA somatório e a turbidez da água filtrada – P. chuvoso	77
Figura 5-21 – Correlação entre o IQETA somatório e a turbidez da água filtrada – P. seco... 78	78
Figura 5-22 – Correlação entre o IQETA produtivo e a turbidez da água filtrada – P. chuvoso	78
Figura 5-23 – Correlação entre o IQETA produtivo e a turbidez da água filtrada – P. seco.. 79	79
Figura 5-24 – Correlação entre o IQETA produtivo e a turbidez da água filtrada – P. chuvoso	79
Figura 5-25 – Correlação entre o IQETA produtivo e a turbidez da água filtrada – P. seco.. 79	79
Figura 5-26 – Correlação entre o IQETA produtivo e a turbidez da água filtrada – P. chuvoso	80
Figura 5-27 – Correlação entre o IQETA produtivo e a turbidez da água filtrada – P. seco.. 80	80
Figura 5-28 – Correlação entre o IQETA somatório e a turbidez da água filtrada	82
Figura 5-29 – Correlação entre o IQETA produtivo e a turbidez da água filtrada	83
Figura 5-30 – Diagrama de capacidade para a ETA IX.A e ETA IX.B	83
Figura 5-31 – Variação da turbidez da água bruta durante o ano para a ETA IX A e B	86
Figura 5-32 – Perfil de turbidez para as águas bruta, decantada e filtrada	86
Figura 5-33 – Diagrama de dispersão r^2 x IQETA somatório e produtivo (período chuvoso)88	88

Figura 5-34 – Diferença entre os valores das medianas do IQETA somatório e os do IQETA produtório	89
Figura 9-1- Critérios de pontuação iniciais elaborados com os dados das respectivas tabelas	142

LISTA DE TABELAS

Tabela 3-1 – Classificação para η	16
Tabela 3-2 – Classificação para Δ	18
Tabela 4-1- Parâmetros incluídos no primeiro questionário	21
Tabela 4-2 - Distribuição dos painelistas selecionados	22
Tabela 4-3 – Exemplo de calculo do IQETA para uma estação.....	25
Tabela 4-4 – Valores adotados para a construção dos diagramas de capacidade presentes neste trabalho.....	29
Tabela 4-5–Exemplo do levantamento das informações necessárias para a construção do diagrama de capacidade	29
Tabela 5-1 – Pesos finais para cada parâmetro	37
Tabela 5-2 – Valores citados na literatura para G_{MR} e T_{MR}	38
Tabela 5-3 – Critério de pontuação desenvolvido para a G_{MR} e T_{MR}	39
Tabela 5-4 – Valores citados na bibliografia para os parâmetros G_f , T_f e $G_f \times T_f$	41
Tabela 5-5 – Critério de pontuação desenvolvido para o parâmetro N_c	46
Tabela 5-6 – Critério de pontuação desenvolvido para δp	46
Tabela 5-7 – Critério de pontuação desenvolvido para V_c	47
Tabela 5-8 – Valores encontrados na bibliografia para os parâmetros referentes ao grupo <i>Decantação</i>	49
Tabela 5-9 – Critérios de pontuação desenvolvido para os parâmetros G_{cor} e G_{com}	51
Tabela 5-10 – Procedimento de desenvolvimento do critério de pontuação desenvolvido para Q_L	52
Tabela 5-11 – Valores citados na literatura.....	55
Tabela 5-12 – Valores citados na literatura para o material utilizado como leito filtrante.....	56
Tabela 5-13 – Valores das variáveis adotados no calculo do critério de pontuação para T_{filt}	57
Tabela 5-14 – Valores citados na literatura para os parâmetros referentes a lavagem.....	60
Tabela 5-15 – Critério de pontuação desenvolvido para o parâmetro $Laux$	64
Tabela 5-16 – Critério de pontuação desenvolvido para N_{ch}	70
Tabela 5-17 – Critério de pontuação desenvolvido para GI	71
Tabela 5-18 – Critério de pontuação desenvolvido para J_{test}	72
Tabela 5-19 – Coeficientes de relação linear (r).....	81
Tabela 5-20 – Cálculo do τ de Kendall.....	81
. Tabela 5-21 – Correlação entre a turbidez da água filtrada e o IQETA para os dados referentes aos 6 meses.....	82
Tabela 5-22 - Medianas para os valores de G_f , T_f , N_c e T_{filt} e mediana para a pontuação da ETA IX.....	84
Tabela 5-23 – Pontos recebidos por cada grupo e para o IQETA nas formas de produtório e somatório.....	85
Tabela 5-24 – Qualidade da água filtrada em termos de turbidez	85
Tabela 5-25 – Correlação entre os valores de turbidez das águas Bruta/Decantada e Decantada/Filtrada.....	87
Tabela 5-26 – Alterações dos pesos por grupos	90
Tabela 5-27 – Alterações dos pesos dos parâmetros	90
Tabela 5-28 – Valores dos IQETAs produtório e somatório calculados com e sem as alterações dos pesos	91
Tabela 9-1 – Pesos dados pelos painelistas aos parâmetros selecionados com <i>Incluir</i>	110
Tabela 9-2 – Comentários realizados pelos painelistas no primeiro questionário	111

Tabela 9-3 – Pontuações do 2º questionário divididas pelo total de pontos distribuídos por cada painelista.....	119
Tabela 9-4 – Porcentagem de Inclusão de cada parâmetro	120
Tabela 9-5 – Valores da Tabela 3 multiplicados pela % de inclusão	121
Tabela 9-6– Cálculo dos pesos finais de cada parâmetro	121
Tabela 9-7 - Tabela de calculo para estações com capacidade superiores a 10000 m ³ /dia ...	129
Tabela 9-8 – Tabela de calculo para estações com capacidade entre 10000 e 10000 m ³ /dia	130
Tabela 9-9 - Tabela de calculo para estações com capacidade inferiores a 1000 m ³ /dia	131
Tabela 9-10 - Calculo da pontuação para V _L para Cap.>10000m ³ /d.....	134
Tabela 9-11 - Calculo da pontuação para V _L para Cap entre 1000 e 10000m ³ /d.....	134
Tabela 9-12 - Calculo da pontuação para V _L para Cap < 1000 m ³ /d.....	135
Tabela 9-13 – Tabela de calculo para a elaboração do critério de pontuação para o filtro de leito simples de areia.....	137
Tabela 9-14 - Tabela de calculo para a elaboração do critério de pontuação para o filtro de leito simples de areia.....	138
Tabela 9-15 – Cálculo para o critério de pontuação para a camada de antracito para o filtro de leito duplo.....	140
Tabela 9-16 – Calculo para o critério de pontuação para camada de areia para o filtro de leito duplo	140
Tabela 9-17 – Calculo para o critério para o filtro de leito simples de areia	141
Tabela 9-18 – Parte da tabela utilizada para a construção da figura referente ao critério para D _{carr}	144
Tabela 9-19 – Tabela para o gráfico com pH ≤ 6.....	149
Tabela 9-20 – Tabela para o gráfico com pH ≤7.....	149
Tabela 9-21 – Tabela para o gráfico com pH ≤8.....	150
Tabela 9-22 – Tabela para o gráfico com pH ≤9.....	151
Tabela 9-23 – Características físicas da ETA I.....	154
Tabela 9-24 – Características físicas da ETA II.....	154
Tabela 9-25 – Características físicas da ETA III.....	155
Tabela 9-26 – Características físicas da ETA IV	155
Tabela 9-27 – Características físicas da ETA V.....	156
Tabela 9-28 – Características físicas da ETA VI	157
Tabela 9-29 – Características físicas da ETA VII.....	157
Tabela 9-30 – Características físicas da ETA VIII.....	158
Tabela 9-31 – Características físicas da ETA IX.A.....	158
Tabela 9-32 – Características físicas da ETA IX.B.....	159
Tabela 9-33 – Características físicas da ETA X.....	159
Tabela 9-34 – Valores das vazões para os períodos seco e chuvoso	161
Tabela 9-35 – Definição dos períodos de dados.....	161
Tabela 9-36 – Valores utilizados para a construção dos diagramas de dispersão para o período chuvoso	161
Tabela 9-37 – Valores utilizados para a construção dos diagramas de dispersão para o período seco	162
Tabela 9-38 – Valores médios mensais do IQETA calculado com a fórmula do somatório e produtório para a ETA I.....	176
Tabela 9-39- Valores médios mensais do IQETA calculado com a fórmula do somatório e produtório para a ETA II.....	177
Tabela 9-40 - Valores médios mensais do IQETA calculado com a fórmula do somatório e produtório para a ETA III.....	178

Tabela 9-41 - Valores médios mensais do IQETA calculado com a fórmula do somatório e produtório para a ETA IV	179
Tabela 9-42 - Valores médios mensais do IQETA calculado com a fórmula do somatório e produtório para a ETA V.....	180
Tabela 9-43 - Valores médios mensais do IQETA calculado com a fórmula do somatório e produtório para a ETA VI	181
Tabela 9-44 - Valores médios mensais do IQETA calculado com a fórmula do somatório e produtório para a ETA VII.....	182
Tabela 9-45 - Valores médios mensais do IQETA calculado com a fórmula do somatório e produtório para a ETA VIII.....	183
Tabela 9-46 - Valores médios mensais do IQETA calculado com a fórmula do somatório e produtório para a ETA IXA.....	184
Tabela 9-47 - Valores médios mensais do IQETA calculado com a fórmula do somatório e produtório para a ETA IX B.....	185
Tabela 9-48 - Valores médios mensais do IQETA calculado com a fórmula do somatório e produtório para a ETA X.....	186
Tabela 9-49 – Valores dos parâmetros calculados para a ETA I.....	188
Tabela 9-50 – Valores dos parâmetros calculados para a ETA II	189
Tabela 9-51 - Valores dos parâmetros calculados para a ETA III.....	190
Tabela 9-52 - Valores dos parâmetros calculados para a ETA IV	191
Tabela 9-53 - Valores dos parâmetros calculados para a ETA V.....	192
Tabela 9-54 - Valores dos parâmetros calculados para a ETA VI	193
Tabela 9-55 - Valores dos parâmetros calculados para a ETA VII	194
Tabela 9-56 - Valores dos parâmetros calculados para a ETA VIII.....	195
Tabela 9-57 - Valores dos parâmetros calculados para a ETA IXA.....	196
Tabela 9-58 - Valores dos parâmetros calculados para a ETA IXB.....	197
Tabela 9-59 - Valores dos parâmetros calculados para a ETA X.....	198

1 INTRODUÇÃO

A preocupação com a qualidade da água consumida pelas populações não é recente. Algumas técnicas utilizadas para melhorar o sabor e o odor datam de 4000 a.C. Dentre estas podem ser citadas a fervura, a coagem, a exposição ao sol e a filtração através de leitos de carvão (USEPA, 1999).

Atualmente, distribuir água com qualidade satisfatória para a manutenção da saúde pública tem se tornado um desafio cada vez maior. Intervenções humanas nas bacias hidrográficas têm negligenciado a relação entre a água e o seu entorno provocando impactos diretos e indiretos. O aumento do escoamento superficial devido a impermeabilizações - causando enchentes e erosão com carreamento de resíduos sólidos para os corpos d'água -; a chuva contaminada de poluentes lançados na atmosfera e o uso de produtos químicos como agrotóxicos, óleos e graxas constituem alguns exemplos. Conseqüentemente, os mananciais com boa qualidade de água estão se tornando cada vez mais escassos, agudizando problemas de doenças relacionadas a pesticidas, metais pesados e a organismos resistentes à desinfecção por meio do cloro.

Como exemplo pode ser citado um estudo realizado por Kramer (1996) nos Estados Unidos, durante o período 1993 a 1994, identificando 6 surtos associados ao protozoário *Cryptosporidium parvum* e relacionados à água de abastecimento. Todas as estações de tratamento de água realizavam a desinfecção com cloro e 4 delas realizavam também a filtração. Outro desafio para os sistemas produtores de água refere-se a formação dos trihalometanos e outros compostos organoclorados, cujos malefícios a saúde humana ainda não são totalmente quantificados.

Com a intenção de proteger a saúde pública, as legislações que estabelecem padrões de potabilidade estão se tornando cada vez mais rígidas. No período de 1998 a 2004, os Estados Unidos finalizaram dez novas regulamentações. Dentre estas pode ser citada a D/DBPR (Stage1 Disinfectants/Disinfection By-products Rule) que exige uma remoção mínima de COT (Carbono orgânico total) com o intuito de diminuir a formação de subprodutos da desinfecção como os trihalometanos (ROBERSON, 2003). Também a legislação brasileira foi atualizada por meio da substituição da antiga portaria do Ministério da Saúde GM 36 pela Portaria 518/04 (MINISTÉRIO DA SAÚDE, 2004).

Como resposta à crescente complexidade do processo de potabilização de água, inúmeras novas técnicas têm sido estudadas, como por exemplo a coagulação melhorada, objetivando a otimização e adequação do tratamento existente ao novo cenário resultante da deterioração da qualidade da água bruta e das novas exigências impostas pela legislação.

Muitas das estações de tratamento brasileiras, construídas durante a vigência do Plano Nacional de Saneamento (PLANASA), na década de 70, hoje se encontram trabalhando com sobrecarga e produzindo água com qualidade aquém da esperada para o tratamento implantado. As ampliações e atualizações necessárias nem sempre são implementadas devido a fatores como a escassez de recursos ou ainda investimento inadequado dos fundos disponíveis.

Renner *et al* (1993) apresentam uma discussão acerca dos resultados da implantação de um programa de otimização do processo de tratamento, denominado CPE (Comprehensive Evaluation Program), em 36 estações localizadas nos Estados Unidos. Este identificou limitação de desempenho devido a problemas operacionais em 29 delas, sendo possível otimizar o tratamento destas estações sem maiores investimentos.

Neste contexto, o presente trabalho, visa desenvolver uma ferramenta que auxilie na comparação e hierarquização das estações, permitindo que os administradores de sistemas de abastecimento possam levantar as estações com o desempenho mais esmerado e as deficientes, identificando as possíveis limitações, as reais necessidades de investimentos e as possíveis alternativas para a melhora do tratamento.

A opção por um Índice de Qualidade de Estações de Tratamento de Água (IQETA) como ferramenta é justificada pelo fato deste ser de fácil obtenção, utilizando-se de dados disponíveis na operação rotineira da ETA e poder ser compreendido por um público leigo. Esta última característica é essencial já que em algumas situações os responsáveis pela alocação de recursos podem não possuir conhecimento dos processos e operações envolvidos na potabilização da água. Sendo de fácil compreensão por um público leigo o IQETA poderá também ser utilizado para a conscientização da importância do desempenho adequado da ETA para a minimização da exposição potencial da população a organismos patogênicos por meio da água potável.

Em um primeiro momento o IQETA será aplicado somente às estações portadoras de tecnologia convencional de tratamento.

Com o objetivo de retratar o alcance da aplicação do IQETA, na Figura 1-1 é apresentada a porcentagem de estações, operadas pelas Companhias Estaduais de Saneamento (CESB), com a tecnologia de tratamento convencional. Esta figura foi elaborada a partir de dados obtidos por meio de questionários enviados às Companhias Estaduais cujos resultados foram apresentados pelo Di Bernardo *et al* (2003).

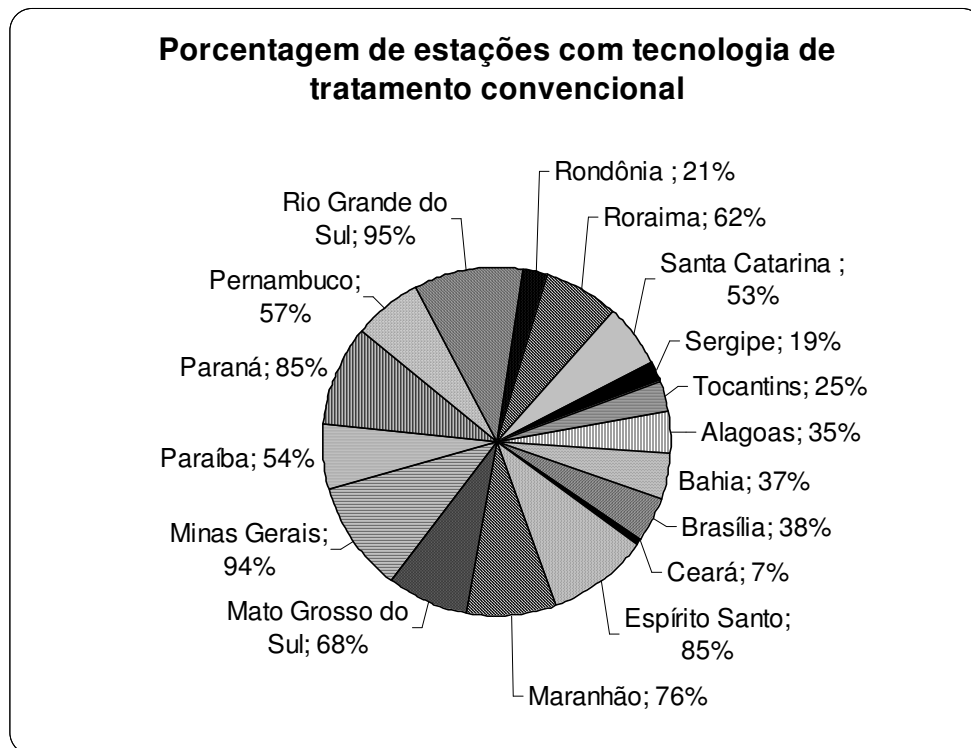


Figura 1-1 - Porcentagem de estações com tecnologia de tratamento convencional por estado (DI BERNANDO *et al*, 2003)

Além da tecnologia convencional de tratamento as outras estações utilizadas para o cálculo das porcentagens apresentavam as tecnologias de filtração direta ascendente, filtração direta descendente, dupla filtração e filtração lenta. Da Figura 1-1 observa-se que para os estados como o da Bahia, Ceará, Tocantins, Rondônia, Alagoas e Sergipe o número de estações de tratamento convencional é superado pelo número de estações não-convencionais. No entanto a aplicação do IQETA foi restringida, como será apresentado mais adiante, à região Sudeste,

na qual, mesmo sem dispor dos dados de São Paulo, há uma maior utilização da tecnologia de tratamento convencional.

Marques (1998) demonstra que no estado de Minas Gerais, dos 723 municípios existentes em 1991, 396 possuíam sistemas de abastecimento de água operados pela Companhia Estadual – Copasa -, 54 pela Fundação Nacional de Saúde – Funasa – e 264 operados diretamente pelo poder municipal, sendo que de 9 municípios não foram obtidas informações sobre a gerência. Em 1996 a Funasa operava em 53 municípios dos quais 58% apresentavam tecnologia de tratamento convencional. Já a Copasa operava, em 1997, 441 sistemas de abastecimento incluindo a Região Metropolitana de Belo Horizonte e localidades do interior do estado, dos quais 65% apresentavam tecnologia de tratamento convencional. Os demais sistemas operados pela Funasa e pela Copasa apresentavam tecnologias de filtração lenta, filtração direta ascendente, filtração direta descendente, poços ou apresentavam informações incompletas.

2 OBJETIVOS

2.1 Objetivo geral

Desenvolver um índice - IQETA - que permita às administrações de sistemas de abastecimento de água avaliar o desempenho das estações de tratamento convencional.

2.2 Objetivos específicos

- Levantar parâmetros intervenientes no desempenho de cada processo ou operação envolvidos no tratamento convencional ;
- Ponderar os parâmetros intervenientes para o bom desempenho das estações de tratamento de água;
- Aplicar o IQETA a partir dos dados de operação de dez estações de tratamento de água de portes distintos.

3 REVISÃO DA LITERATURA

A revisão da literatura foi dividida em 3 subitens. O primeiro apresenta alguns programas destinados à otimização do processo de tratamento e as motivações para esta tendência. Os outros dois restantes são relativos à metodologia Delphi, utilizada no desenvolvimento do IQETA, e sobre a utilização de índices como ferramenta capaz de traduzir informações científicas para um público leigo.

3.1 Tendências para a otimização do tratamento convencional

O tratamento convencional - composto basicamente pelas unidades de mistura rápida, floculação, decantação, filtração e desinfecção - é o processo mais utilizado para adequar a qualidade da água aos padrões de potabilidade. Esta denominação surgiu em 1890 no estado de Ohio (EUA) quando foi recomendada por George Fuller a etapa de clarificação precedendo a filtração para as águas turvas do rio Ohio. A partir daí, nas décadas seguintes a tecnologia que abrangesse aplicação de coagulante na unidade de mistura rápida, floculação, sedimentação e filtração passou a ser denominada convencional. (LOGSDON, G.; HESS, A. & HORSLEY). O principal objetivo deste, como de qualquer tratamento, é produzir água por um preço acessível e cuja qualidade satisfaça a um conjunto de padrões que a torne adequada para o consumo humano.

Estes padrões são geralmente regulados por órgãos federais, estaduais ou locais. No Brasil o padrão de potabilidade é regulamentado pela Portaria 518/04 (MINISTÉRIO DA SAÚDE). Nos Estados Unidos a qualidade da água é regulamentada pela USEPA (*Environmental Protection Agency*). Em relação a turbidez, esta teve seus valores primeiramente regulados pelo SDWA (Safe Drink Water Act) em 1974. A exigência de 1 uT foi estabelecida para o efluente combinado dos filtros em uma amostra por dia, sendo 5 uT a máxima permitida. Em 1989 foi promulgado o SWTR (*Surface Water Treatment Rule*) baixando os limites de turbidez para 0,5 uT para amostras coletadas a cada 7 horas mas mantendo o valor máximo em 5 uT. Atualmente as legislações cada vez mais complexas estabelecem o valor de 0,3 uT para água monitorada de cada filtro e ainda estabelece como meta a ser atingida o valor de 0,1 uT.

Devido à evidência, causada por surtos de *Cryptosporidium*, de que a simples obediência ao SWTR nem sempre assegurava proteção contra doenças de veiculação hídrica, a USEPA

desenvolveu regulamentações adicionais para controlar a contaminação por patógenos bem como outras a respeito dos subprodutos da desinfecção (PONTIUS, 2004).

O padrão de potabilidade brasileiro também sofreu alterações tornando-se, em muitas de suas exigências, mais rígido. De acordo com a Portaria 518/04 (MINISTÉRIO DA SAÚDE, 2004), para as estações funcionando com tecnologias de filtração direta ou tratamento convencional o valor máximo permitido para a turbidez do efluente dos filtros é de 1 uT. Esta Portaria recomenda, como meta, a obtenção de efluentes filtrados com valores de turbidez inferiores a 0,5 uT, preferencialmente monitorados para cada unidade filtrante. Esta recomendação tem o objetivo de maximizar a remoção de enterovírus, cistos de *Giardia* spp e oocistos de *Cryptosporidium* sp.

Uma extensa quantidade de pesquisas suportam a meta de 0,1 uT para a turbidez da água filtrada, no entanto ressalta-se que isto não garante a ausência de organismos patogênicos. Contudo esta representa uma boa prática para garantir o maior nível de proteção da saúde pública. Como exemplo pode ser citado o estudo de Patânia *et al* (1995) *apud* AWWA (1997) no qual é mostrado que quando as condições de tratamento são otimizadas para turbidez e remoção de partículas uma remoção de *Cryptosporidium* mais efetiva é alcançada. Mostrou-se que o valor de 0,1 uT para a água filtrada era um indicativo de um desempenho produzindo uma remoção mais efetiva de cistos e oocistos. Também, a pesquisa, utilizando-se filtros em escala real realizada por Nieminski e Ongerth (1995), demonstrou que a remoção mais consistente de *Giardia* e *Cryptosporidium* era alcançada quando água com baixa turbidez era produzida. Quando o desempenho da estação variava com as flutuações de turbidez da água bruta, uma alta variabilidade na concentração de cistos foi observada no efluente coletado.

Uma pesquisa realizada para determinar o nível de *Giardia* e *Cryptosporidium* nas águas superficiais avaliou a água bruta de 65 estações localizadas nos Estados Unidos e uma no Canadá. Cistos de *Giardia* foram encontrados em 81% das amostras de água bruta e oocistos de *Cryptosporidium* foram encontradas em 87%. Ambos foram detectados em 98% das amostras e altas correlações foram encontradas entre a densidade de cistos de *Giardia* e *Cryptosporidium* e a qualidade da água bruta no que se refere aos valores de turbidez e níveis de coliformes fecais e totais (LECHEVALLIER & NORTON, 1997).

Devido a estas pesquisas vários métodos de otimização do tratamento vêm sendo desenvolvidos fiando-se no estabelecimento de baixos valores de turbidez para água decantada e filtrada como objetivo a ser atingido pelas unidades potabilizadoras. Por exemplo utilizam-se os valores de 1,0 uT e 0,1 uT como metas a serem atingidas para os efluentes dos decantadores e filtros respectivamente. No entanto, o estabelecimento de valores tão baixos de turbidez leva a questionamentos acerca da precisão destes valores. A medição de valores de turbidez inferiores a 0,1 uT depende muito da capacidade do operador de realizar estas medidas, pois estas requerem um maior controle operacional e uma grande atenção para assegurar a qualidade dos dados. Um sensor sujo pode levar a valores falsos, o decaimento das lâmpadas incandescentes podem causar variações significativas e o acúmulo de sujeira na cubeta pode aumentar o desvio da luz. A qualidade ótica da célula e a importância da limpeza são problemas já conhecidos mas que se tornam ainda mais importantes para medições realizadas na faixa de 0,1 uT.

Outra questão levantada diz respeito à universalidade da turbidez. A dificuldade de se entender o que uma medida de turbidez representa deve-se às diferenças existentes nos turbidímetros. Estes podem se distinguir devido a diferenças nas lentes, na lâmpada ou origem da luz, na célula de coleta, na orientação da luz, no detector, no impacto causado pela deterioração da origem da luz, na limpeza do medidor e na habilidade de realizar leituras estáveis.

Apesar das dificuldades levantadas, a turbidez permanece como um parâmetro importante e mais aceito no controle do processo de tratamento. Funciona bem como um indicador relativo da desempenho do tratamento e como um indicador grosseiro da qualidade da água. A tendência da utilização da turbidez no estabelecimento de orientações para um controle mais exigente da operação é evidente. No entanto, deve-se considerar a necessidade do estabelecimento de orientações para a obtenção de dados de qualidade, de padrões para a calibração dos instrumentos e de limitações para o uso de cada sistema de medição (BURLINGAME; PICKEL; ROMAN, 1998).

Em 1988 iniciou-se, nos Estados Unidos e Canadá, o desenvolvimento de um método de otimização de estações de tratamento de água com respeito à proteção contra patógenos. O CCP - Composite Correction Program – permite que estações existentes façam uso efetivo de

seus processos e operações unitárias, aumentando a eficiência das barreiras contra a passagem de microorganismos.

Alguns objetivos são estabelecidos para definir a performance ótima da decantação, filtração e desinfecção. O efluente de cada decantador deve atingir a turbidez máxima de 2 uT, já os filtros devem produzir efluente com turbidez inferior a 0,1 uT sendo tolerado um pico, após a lavagem da unidade filtrante, de até 0,3 uT por no máximo 15 minutos.

O CCP é dividido em duas fases: CPE – *Comprehensive Performance Evaluation* – e CTA – *Comprehensive Technical Assistance*. A fase CTE tem como finalidade fazer uma revisão e uma análise da ETA baseada na capacidade desta associada a práticas administrativas, operacionais e de manutenção. Esta revisão objetiva identificar fatores que podem estar impactando de forma negativa o desempenho da estação. A fase CTA é uma etapa de implementação das medidas, caso a fase CTE tenha indicado a eficiência destas na melhora do tratamento praticado pela ETA

A metodologia utilizada para a avaliação da ETA durante a fase CPE preconiza os seguintes passos: avaliação do desempenho da estação como um todo e de cada processo e operação unitária, identificação e priorização dos fatores limitantes do desempenho, avaliação da aplicabilidade da fase CTA e elaboração de relatório com os resultados. A experiência adquirida com o CCP indica que quando a equipe de operação se torna ciente da importância de uma performance otimizada, ela se entusiasma em atingir estas metas por meio da promoção de uma série de atividades (USEPA, 1998).

Os conceitos de otimização introduzidos pelo CCP foram expandidos para diversas outras atividades regulamentatórias e industriais. O programa *Partnership for Safe Water*, destinado a melhorar o tratamento para obtenção de água com maior qualidade, utilizou o CCP como base para o desenvolvimento de sua fase III. Este programa foi desenvolvido pela associação de 6 entidades dos Estados Unidos: *American Water Works Association*, *U. S. Environmental Protection Agency*, *American Water Works Association Research Foundation*, *Association of Metropolitan Water Agencies*, *Association of State Drink Water Administrators* e *National Association of Water Companies*. O programa constituiu-se de 4 fases: fase I – na qual o gerente da ETA se inscreve no programa comprometendo-se a permanecer neste até pelo menos a fase 3; fase II – nesta a ETA participante deve enviar a planilha desenvolvida pelo

programa com os dados referentes a turbidez da água bruta e tratada de 1 ano completo; fase III – A ETA promove atividades de auto-avaliação e elabora um relatório com os resultados, os relatórios são avaliados por um grupo de especialistas e os considerados satisfatórios recebem o prêmio *Directors Award* do programa; fase 4 – fase opcional composta por uma avaliação rigorosa da estação com o intuito de avaliar a observância das metas de desempenho propostas. Em caso positivo, a ETA recebe o prêmio *Excellence in Water Treatment Award*. Em maio de 1998, 217 unidades abastecendo 90 milhões de pessoas participavam do programa (GUIDELINES FOR PHASE IV, 2003).

Em 1984 o DEP – *Department of Environmental Protection* – do estado da Pennsylvania para assegurar a qualidade da água distribuída iniciou a implantação do programa FPPE – *Filter Plant Performance Evaluation* - cujo objetivo é determinar a efetividade da estação em remover partículas na mesma faixa de tamanhos de protozoários patogênicos. O programa consiste de uma visita a unidade com duração de aproximadamente um dia e meio. Durante esta, são avaliadas as condições físicas gerais da ETA e dos equipamentos, bem como as práticas operacionais e a qualidade do monitoramento. Após o término das avaliações a unidade é classificada como aceitável ou inaceitável. Técnicas como análise microscópica do particulado e contagem de partículas são utilizadas para auxiliar na avaliação. Em 85 das 290 estações avaliadas até o ano de 1996, os avaliadores do DEP utilizaram turbidímetros e contadores de partículas conectados a um ponto de amostragem do efluente dos filtros. Estes armazenaram os dados em um computador portátil durante 24 horas permitindo o traçado do perfil de turbidez e contagem de partículas destas estações. Em 1988 mais de 60% dos dados das estações produziam água filtrada com turbidez maior que 0,2, em 1996 este valor caiu para somente 4 %.

Durante os 506 FPPE realizados em 290 unidades até o ano de 1996 foram levantadas as dez falhas mais comuns: (1) *Jar test* realizado de forma inadequada ou falta de estratégia de controle do coagulante, (2) Operação de mistura rápida inadequada, (3) Falta de monitoramento individual dos filtros, (4) Tempo inadequado de descarte de água após a lavagem dos filtros, (5) Ausência de calibração dos turbidímetros, (6) Dosagens inadequadas, (7) Conhecimentos de operação e manutenção insuficientes, (8) Filtração iniciada com o filtro sujo, (9) Monitoramento inadequado, (10) Utilização somente da duração da carreira de filtração para a determinação do momento de lavagem dos filtros.

Após este período de experiência, alguns conceitos do programa *Partnership for Safe Water* e do CCP foram introduzidos no FPPE. Passou-se a realizar a avaliação da capacidade de cada unidade do tratamento, além de se utilizar planilhas padronizadas para obtenção de séries temporais para a turbidez da água bruta, decantada e filtrada, uma vez que por meio da comparação destes gráficos pode-se avaliar a capacidade da ETA em produzir água de boa qualidade apesar da variabilidade da água bruta (CONSONERY *et al*, 1997).

Em 1996 a AWWA – *American Water Works Association Research Foundation* – promoveu um encontro de especialistas da área de tratamento e qualidade da água para discutir a otimização de estações. Como resultado foi publicado um manual, seguindo os conceitos introduzidos pelo CCP, destinado a estações que aptas a promover uma auto-avaliação para alcançar uma melhora de desempenho. O processo de auto-avaliação permite aos administradores/operadores das estações a identificarem as razões pelas quais o tratamento não está otimizado, a rever suas práticas e a implementar ações capazes de melhorar o desempenho da estação. O primeiro passo deste processo é verificar se a estação esta adequadamente dimensionada podendo aumentar seu desempenho sem grandes modificações de projeto. Depois se passa à etapa de verificação das limitações de projeto como a distribuição não uniforme do escoamento pelos decantadores. Segue-se então a verificação das práticas operacionais e administrativas (AWWA, 1997).

Uma outra ferramenta que merece destaque é o plano de segurança da água. Um meio de fornecer água segura por meio da elaboração de uma análise de risco que envolve todas as etapas do fornecimento de água, desde a captação até o consumidor. Esta ferramenta se utiliza de muitos princípios e conceitos de outras, particularmente da abordagem de barreiras múltiplas utilizada na indústria de alimentos

3.2 Metodologia Delphi

O conceito do método Delphi pode ser visto como o produto de um projeto da *Rand Corporation*, iniciado na década de 50, a respeito da utilização da opinião de especialistas. O objetivo deste estudo era obter o mais significativo consenso de opinião sobre a seleção de uma meta ótima para o sistema industrial dos Estados Unidos estabelecendo uma estimativa do número de bombas atômicas necessário. Este consenso deveria ser obtido por meio da aplicação de uma série intensa de questionários mesclados com envios de *feedback*.

A partir deste primeiro estudo, o Delphi passou a ser aplicado em uma ampla variedade de projetos nas mais diversas áreas. Por exemplo, podem ser citados trabalhos utilizando esta metodologia para a coleta de dados atuais e históricos que não são exatamente conhecidos ou disponíveis. Exame da significância de dados históricos, para a alocação de orçamentos, para exploração de opções de planejamento urbano e regional, para planejamento de campus universitário, para desenvolvimento de currículos, para delineamento dos prós e contras associados a opções políticas potenciais, para caracterização e esclarecimento das motivações humanas, para interpretação das prioridades dos valores pessoais e objetivos sociais e para a realização de previsões a respeito de diversos temas constituem alguns exemplos.

Não é a natureza da aplicação que determina a conveniência da utilização do Delphi e sim a circunstância particular da necessidade de um processo de comunicação em grupo. Quem pode se comunicar acerca do problema, quais mecanismos alternativos para esta comunicação, o que se espera obter com estas alternativas, são questões cujas respostas podem decidir pelo emprego do método.

A evolução do Delphi deu-se em duas formas distintas. A mais comum é a versão de “papel e lápis”. Nesta situação, um monitor elabora um questionário a ser enviado a um grupo de respondentes. Quando este é retornado, o monitor sumariza os resultados e baseando-se nestes desenvolve um novo questionário. Ao grupo de respondentes é dado pelo menos uma oportunidade de revisar suas opiniões individuais. Esta forma é também conhecida por Delphi convencional. Na outra forma, denominada conferência Delphi, o monitor é substituído por um programa de computador, este faz a compilação dos dados à medida que os participantes enviam suas respostas e após a última resposta envia o relatório e o novo questionário. Esta ferramenta tem a vantagem de realizar o processo em tempo real.

Independente da forma utilizada, algumas características definem o método em questão: (i) o anonimato, com a finalidade de reduzir fatores psicológicos como, por exemplo, a possível influência da opinião de participantes com maior grau de especialização sobre os demais ou a resistência de alguns em mudar de opinião durante o processo; (ii) a interação, por meio das várias rodadas de questionários permitindo aos participantes revisarem suas decisões; (iii) o *feedback*, controlado entre duas rodadas de questionários para informar cada membro do grupo da opinião dos demais - geralmente é apresentado em forma de sumário numérico anexado aos argumentos apresentados pelos participantes; (iv) a representação estatística dos

resultados, obtida no final do processo quando o julgamento do grupo é expresso por meio, por exemplo, da mediana, e a dispersão da opinião dos painelistas pode ser apresentada como medida do consenso (LINSTONE & TUROFF, 1975).

Taylor e Ryder (2003) utilizaram a metodologia Delphi para coletar informações de especialistas visando plano de gerenciamento de 25 reservatórios de múltiplos usos. Estas informações eram basicamente acerca dos níveis necessários à sobrevivência da ictiofauna. Questionários foram elaborados para cada reservatório e enviados para 26 especialistas, sendo que o número de respondentes por reservatório variou de 2 a 8, podendo um único especialista responder os questionários referentes a mais de um reservatório. O primeiro questionário solicitava aos especialistas que listassem as espécies críticas e o período que cada uma destas espécies eram particularmente sensíveis às variações do nível do reservatório. No segundo questionário, os especialistas reavaliariam suas respostas à luz da opinião do grupo. A pesquisa obteve 85% de retorno dos questionários e alta convergência das opiniões para todos os reservatórios. As informações obtidas constituíram componente significativo para o desenvolvimento de um modelo de auxílio-a-decisão no gerenciamento destes reservatórios. Com isto a pesquisa demonstrou que o método Delphi pode ser utilizado para obter informações importantes para o gerenciamento de questões ambientais complexas.

Segundo Rowe, Wright e Bolger (1991), a metodologia Delphi promove a deliberação acerca de questões polêmicas por meio de um processo sistemático e seqüencial de fornecimento de questionários acompanhados de *feedback* a um grupo pré-determinado de painelistas. As estimativas quantitativas individuais são combinadas com a finalidade de se obter uma média ótima. Por meio da repetição dos questionários, os painelistas podem reconsiderar seus pontos de vista à luz da opinião do grupo. O método Delphi constitui uma forma rápida e eficiente de debater temas polêmicos, principalmente quando tempo e custo são fatores limitantes na promoção de encontros e conferências ou quando os desacordos podem ser minimizados pelo anonimato. No entanto, este pode ser bastante complexo e de difícil administração. Uma das maiores críticas ao processo é a falta de padronização e conseqüente aplicação do método a diversos e diferentes tipos de problemas – como aos relacionados à biodiversidade de florestas, turismo, disputas ambientais, previsões e outros.

3.3 O desenvolvimento de índices

A transformação da interpretação de dados e parâmetros referentes ao funcionamento de estações de tratamento de água em informação capaz de ser entendida pelo público em geral não é uma tarefa fácil. No entanto, também não é um problema restrito à área em questão. Há um grande número de tentativas de reproduzir em único valor o significado de um conjunto de dados.

Brown *et al* (1970), visando o desenvolvimento do IQA (Índice de Qualidade da Água), utilizou a metodologia Delphi para estruturar a opinião de um grupo de 142 profissionais da área de qualidade da água. Esta pesquisa foi composta por 3 questionários. No primeiro foi enviada uma lista com 35 parâmetros selecionados arbitrariamente para possível inclusão em um índice de qualidade da água. Os participantes deveriam selecionar para cada parâmetro uma das opções *Incluir*, *Não Incluir* ou *Indeciso*, sendo possível listar outros parâmetros não incluídos nesta primeira lista. Cada parâmetro selecionado com o item *Incluir* deveria receber um peso variando de 1 a 5. Os resultados desta primeira rodada de questionários foi enviada aos participantes junto com o 2º questionário para que estes comparassem suas respostas com a do grupo e as reavaliassem, também foi solicitada uma lista dos 15 parâmetros mais importantes. No terceiro questionário foi pedido ao painalista que desenhasse, para 9 parâmetros selecionados, curvas que segundo seu julgamento representassem a variação da qualidade da água produzida pelas várias possíveis medidas do parâmetro. As nove curvas utilizadas para o cálculo do IQA foram as curvas médias obtidas das respostas de todos os respondentes. Dos 142 painelistas inicialmente convidados, 66% devolveram o primeiro questionário a tempo de participar da segunda etapa, restando 94 painelistas dos quais 82% devolveram o segundo questionário.

O valor do IQA foi considerado como o somatório apresentado na Equação 3-1.

Equação 3-1

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

na qual,

w_i = peso do parâmetro i ;

q_i = pontos recebidos pelo parâmetro i , retirados das curvas já citadas no texto anterior;

n = número de parâmetros.

O peso de cada parâmetro foi definido de acordo com as respostas dos 2 primeiros questionários seguindo a seguinte metodologia: o parâmetro considerado o mais significativo recebeu o peso temporário de 1,0; os pesos temporários para os oito parâmetros restantes foram considerados dividindo-se os pontos recebidos pelo parâmetro com peso temporário igual 1,0 pelos pontos obtidos por cada um dos parâmetros restantes; então os pesos definitivos foram obtidos dividindo-se cada peso temporário pela soma de todos os pesos temporários.

Baseando-se na metodologia utilizada para o desenvolvimento do IQA, Nagels, Davies-Colley e Smith (2001) propuseram um sistema de indexação para interpretar a qualidade da água para recreação com contato na Nova Zelândia. Também neste trabalho foi utilizada a metodologia Delphi para estruturar a opinião de um grupo de 16 profissionais da área de qualidade da água provenientes de empresas de consultoria e de gerenciamento ambiental, de institutos de pesquisa e de universidades. A pesquisa foi composta por 2 fases, sendo a primeira composta por 4 questionários objetivando levantar os parâmetros a serem incluídos no índice. A segunda fase, composta por 3 questionários, solicitou aos painelistas que desenharem curvas relacionando a conformidade da qualidade da água para o uso recreacional à variação dos valores de cada parâmetro. Finalmente um último questionário foi enviado aos respondentes perguntando se concordavam com as curvas definitivas. A grande novidade deste trabalho foi na formulação final do índice. Não foram definidos pesos para os parâmetros, pois o valor atribuído ao corpo d'água será igual ao menor valor obtido por este nas curvas levantadas. A justificativa para a não utilização de um somatório ou produtório foi que o emprego destas técnicas de agregação de escores de parâmetros individuais podem mascarar o valor baixo de um determinado parâmetro se os demais possuírem valores elevados.

Os altos custos do desenvolvimento, manutenção e substituição da infra-estrutura de distribuição de água levaram Silinis e Frank (2003) a desenvolverem um índice de diagnóstico para guiar a manutenção. O índice proposto denominado AI – índice de agressividade – permite que o desempenho de tubulações de um determinado comprimento e idade seja

comparado com o desempenho de tubulação de idade e comprimento médios de uma determinada rede. Estes valores são compilados em um mapa de agressividade na rede fornecendo aos gerentes de sistemas de abastecimento uma ferramenta visual para o planejamento das atividades de manutenção.

A Cetesb (1980), diante da necessidade de se estabelecer métodos padronizados para avaliar o desempenho das estações de tratamento ou dos processos ou operações unitárias que destas façam parte, desenvolveu um manual cuja finalidade era fornecer instrumentos para que engenheiros encarregados de operar sistemas estabelecessem controles de eficiência e desempenho.

Os métodos de avaliação propostos foram divididos em rotineiros e extraordinários. Os rotineiros referiam-se a métodos a serem utilizados periodicamente nas estações constituindo uma rotina de controle. A partir de ensaios de laboratório ou em campo eram obtidos os parâmetros necessários ao cálculo de vários indicadores de desempenho. Por exemplo, o indicador calculado por meio da Equação 3-2 procura relacionar o comportamento do processo na estação com o realizado nas condições ideais de laboratório, avaliando-se os resultados em função da turbidez final da água, após 30 min de sedimentação.

Equação 3-2

$$\eta = \frac{T_L}{T_E - T_L} \text{ na qual;}$$

η = eficiência do flocculador;

T_L = turbidez da água decantada da amostra processada no laboratório;

T_E = turbidez da água decantada da amostra coletada à saída do decantador da ETA.

Considerando-se o valor de η o desempenho da unidade de floculação é classificado de acordo com a Tabela 3-1.

Tabela 3-1 – Classificação para η

η	Desempenho da unidade de floculação
>10	Excelente
10 – 5	Muito bom
5 – 2,5	Bom

2,5 -1,67	Regular
1,67 – 1,0	Sofrível
1,0 – 0,67	Mau
0,67 – 0,50	Muito mau
0,50	Péssimo

Uma crítica que pode ser feita a este indicador é que o ensaio de *Jar Test* não foi utilizado para otimizar a eficiência da estação e na realização do ensaio foram utilizados os gradientes de velocidade e tempo de mistura da estação que podem não ser os mais adequados. Além disso, devido à sedimentação diferencial, a turbidez da água decantada pode apresentar resultados melhores aos obtidos no laboratório.

Os métodos de avaliação de desempenho extraordinários são realizados ocasionalmente e, portanto, não constituem uma rotina de controle. Referem-se principalmente a certas operações ou processos nos quais modificações são necessárias para uma melhora do funcionamento das unidades. Por exemplo pode ser citado o método para medir a eficiência da operação de dispersão.

Após determinados os limites da unidade de mistura é aplicado de forma contínua um traçador no mesmo ponto em que normalmente se faz a aplicação dos reagentes. A seguir medem-se as concentrações de traçador em diversos pontos da seção de saída do misturador. A partir da expressão Equação 3-3.

Equação 3-3

$$\Delta = \frac{S}{\bar{c}} \times 100 \text{ na qual;}$$

S = desvio padrão entre as concentrações de indicador nas subseções, nas medições realizadas em determinados instantes;

\bar{c} = média das concentrações de indicador nas subseções, nas medições realizadas em determinados instantes.

A expressão acima permitirá caracterizar o desempenho da unidade de mistura por meio da Tabela 3-2.

Tabela 3-2 – Classificação para Δ

Δ	Desempenho da unidade de mistura
0 – 5	Excelente
5 – 10	Bom
10 – 20	Regular
>20	Mau

No total foram propostos 15 indicadores de desempenho rotineiros e 9 extraordinários referentes aos diversos processo e operações unitárias. No entanto, nenhum destes apresenta uma avaliação do desempenho global da estação o que inviabiliza a utilização destes para comparar o desempenho das estações. Para o cálculo de praticamente todos os indicadores é necessário a realização de ensaios, realizados com os valores dos parâmetros encontrados da estação e não com os valores otimizados como já comentado anteriormente o que pode tornar o indicador não adequado para avaliar o desempenho da unidade.

Diferentemente, o IQETA, tem o objetivo de permitir, por meio de informações de fácil obtenção, que o desempenho de uma estação seja comparado ao de outra, fornecendo um indício do tratamento global.

4 METODOLOGIA

O presente trabalho pode ser classificado como uma pesquisa aplicada, uma vez que visa fornecer uma ferramenta qualitativa, para auxiliar os administradores de sistemas de abastecimento, e quantitativa, pois classificará o desempenho de estações por meio de métodos numéricos. O universo deste trabalho limitou-se a estações com tecnologia convencional de tratamento, dotadas de decantadores de escoamento horizontal, tratando água bruta com características típicas da região sudeste, cujo objetivo consiste na produção de água tratada com turbidez inferior a 0,5 uT e ausência de coliformes totais conforme Portaria 518/04.

A metodologia para a elaboração do IQETA fundamentou-se basicamente na mesma utilizada por Brown *et al* (1970) para o desenvolvimento do IQA (Índice de Qualidade da Água). Com isso após a determinação dos parâmetros constituintes do índice, bem como dos pesos atribuídos a cada parâmetro e dos critérios de pontuação, são realizados um somatório e um produtório conforme a Equação 4-1 e Equação 4-2. Quando utilizada a fórmula do produtório a menor pontuação recebida por um parâmetro é um ponto para que a estação não tenha o IQETA igualado a zero quando apenas um parâmetro receber uma pontuação ruim.

Equação 4-1

$$IQETA = \sum_{i=1}^N \left(\sum_{j=1}^n W_j Q_j \right)_i$$

Equação 4-2

$$IQETA = \prod_{i=1}^N \left(\prod_{j=1}^n Q_j^{W_j} \right)_i \quad \text{nas quais:}$$

W_j = peso conferido a cada parâmetro definido por meio de uma pesquisa de opinião junto a especialistas;

Q_j = nota atribuída a estação para cada parâmetro selecionado segundo um critério desenvolvido;

j = cada parâmetro incluído no índice;

i = cada grupo que constitui o índice – Mistura rápida, Floculação, Decantação, Filtração, Desinfecção e Operação;

n = número de parâmetros incluídos em cada grupo;

N = número total de grupos que constitui o índice.

A metodologia utilizada para o desenvolvimento do IQETA dividiu-se em três etapas as quais serão detalhadas neste capítulo.

4.1 *Pesquisa de opinião*

Para a determinação dos parâmetros intervenientes no tratamento de água a serem incluídos no IQETA, bem como seus respectivos pesos, foi realizada uma pesquisa de opinião junto a 18 especialistas da área, sendo que 16 se mantiveram até o término da pesquisa. O grupo foi selecionado de forma a minimizar a influência de opinião baseada em um único tipo de profissional – pesquisadores, projetistas e operadores - e em uma única região geográfica. Esta pesquisa foi constituída de 2 fases descritas abaixo e apresentadas no fluxograma da Figura 4-1.

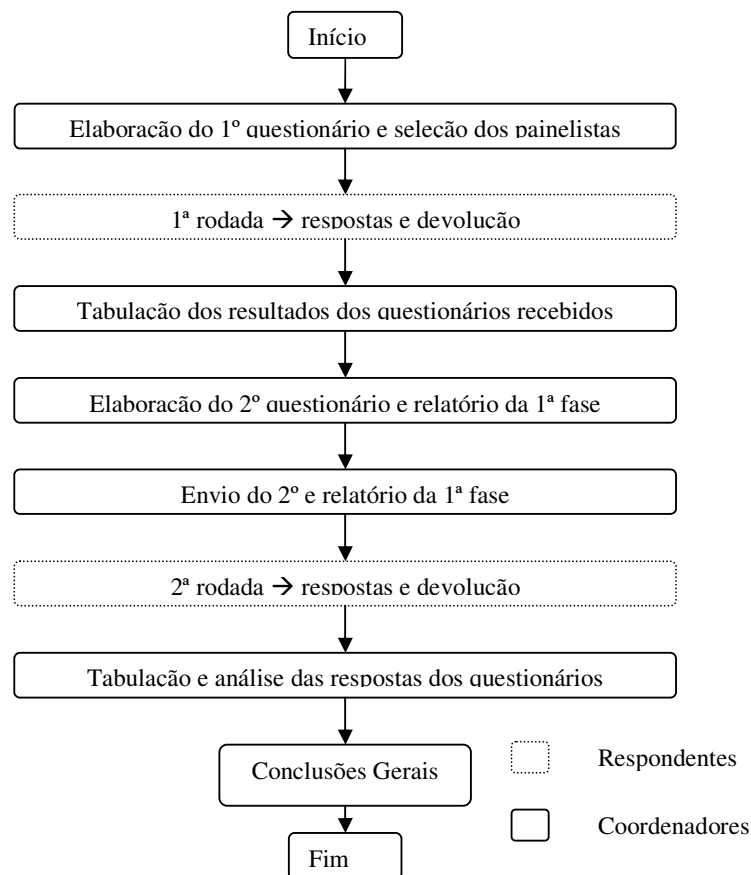


Figura 4-1-Fluxograma da pesquisa de opinião

As fases foram elaboradas de acordo com os aspectos do método DELPHI, desenvolvido pela *Rand Corporation* no início dos anos 50 objetivando aperfeiçoar uma técnica para previsão tecnológica (TUROFF, 1975). As características do método DELPHI consideradas foram: o anonimato, com a finalidade de reduzir fatores psicológicos como, por exemplo, a possível influência da opinião de participantes com maior grau de especialização sobre os demais ou a resistência de alguns em mudar de opinião durante o processo; a representação estatística dos resultados e o *feedback*, com o objetivo de que os participantes tenham a chance de revisar seus pontos de vista após conhecer as opiniões e comentários dos demais, convergindo para um maior consenso a cada rodada.

1ª Etapa: Após a revisão bibliográfica sobre a tecnologia convencional de tratamento, foi levantada uma primeira lista de parâmetros intervenientes na potabilização da água por meio desta tecnologia, Tabela 4-1. Esta lista foi utilizada na elaboração do primeiro questionário enviado aos 18 painelistas selecionados, sendo apresentado na Tabela 4-2 distribuição dos 16 painelistas que permaneceram até o término da pesquisa. O painel foi composto por profissionais de nível superior responsáveis por pesquisas, projetos e operação de estações de tratamento de água, abrangendo universidades, companhias estaduais de saneamento e empresas de engenharia das regiões Sul e Sudeste, compreendendo os estados de RS, SC, MG, SP e PR.

Tabela 4-1- Parâmetros incluídos no primeiro questionário

G_{MR}	Gradiente de velocidade da Mistura Rápida	V_L	Velocidade Longitudinal de escoamento
T_{MR}	Tempo de agitação da Mistura Rápida	Q_L	Vazão linear de coleta de água decantada
J_{test}	Realização de ensaios de Jar Test	T_{filt}	Taxa de Filtração
G_f	Gradiente de velocidade da Floculação	D_{carr}	Duração da Carreira de Filtração
T_f	Tempo de Floculação	Exp	Expansão do Leito Filtrante
δp	Gradiente de velocidade nas passagens entre câmaras	V_{asc}	Velocidade ascensional de lavagem
N_c	Número de câmaras	L_{ar}	Lavagem Auxiliar com Ar
V_c	Velocidade média de escoamento no canal de água floculada	$L_{água}$	Lavagem Auxiliar com Água
G_{com}	Gradiente de velocidade nas comportas de acesso ao Decantador	T_c	Tempo de detenção no tanque de contato
G_{cor}	Gradiente de velocidade através dos orifícios da Cortina de Distribuição de água floculada	N_{ch}	Número de Chicanas no tanque de contato
V_s	Velocidade de Sedimentação ou taxa de aplicação superficial	GI	Grau de instrução da equipe de operação

O primeiro questionário, Apêndice I, foi composto de três partes. A primeira trata-se de uma introdução explicando todas as etapas do trabalho realizado e situando o painalista no processo no qual foi inserido. A segunda apresenta as instruções para o preenchimento do questionário e a terceira é constituída pela lista dos parâmetros inicialmente levantados, os quais deveriam ser julgados através das opções *incluir no índice*, *não incluir* e *indeciso*,

podendo o participante adicionar novos parâmetros não constantes do questionário inicial. Após julgar os parâmetros, cada respondente atribuiu pesos de até 100 somente para os parâmetros selecionados com o item *incluir*.

Tabela 4-2 - Distribuição dos painelistas selecionados

Função exercida pelo participante	Regiões	
	Sul	Sudeste
Operador		2
Projetista	2	2
Pesquisador	1	6
Pesquisador/Projetista		1
Projetista/Operador		1
Pesquisador/Operador		1

2ª Etapa → Após o encerramento da 1ª Etapa foi elaborado um relatório contendo uma tabela constituída por sumário numérico das respostas de todos painelistas – % de inclusão, média, moda, mediana e amplitude inter-quartilica -, resumo dos comentários listados pelos respondentes, as respostas do painalista e uma coluna para reavaliação das respostas. Foi solicitado que, após uma avaliação sobre as conclusões do grupo, os painelistas revisassem seus pontos de vista mantendo ou modificando as respostas do primeiro questionário.

Os parâmetros incluídos no índice foram divididos, além do grupo *Operação*, em grupos conforme o processo ou operação unitária do tratamento convencional de água ao qual se refiram, como por exemplo, nos grupos *Mistura rápida*, *Floculação*, *Sedimentação*, *Filtração*, *Desinfecção* e *Operação*. A partir dos pesos atribuídos aos parâmetros foi determinado o peso de cada grupo para o desempenho eficiente do tratamento. O motivo desta separação em grupos foi a possibilidade de se ter um índice para o tratamento como um todo, formado a partir de índices de cada processo ou operação. Assim, é possível identificar qual grupo está sendo responsável pela eventual baixa pontuação da unidade de tratamento.

4.2 Desenvolvimento dos critérios de pontuação

Após a definição dos parâmetros incluídos no índice e dos seus respectivos pesos partiu-se para a segunda etapa do trabalho. Nesta foram estabelecidos os critérios de pontuação, baseados nas premissas estabelecidas pela ABNT (1992) e por valores referenciados na literatura.

4.3 Aplicação do IQETA às estações de tratamento de água

A etapa final deste trabalho foi compreendida pela realização de um estudo comparativo entre a nota total atribuída pelo índice a uma determinada estação de tratamento com os dados de monitoramento referentes aos valores da turbidez da água filtrada. O escopo desta última etapa foi escolher uma fórmula de cálculo para o índice – somatório ou produtivo – e verificar a validade do valor atribuído pelo índice ao tratamento, ou seja, se a unidade potabilizadora avaliada com um IQETA elevado possuía também bom desempenho realizado pela análise dos dados da operação referentes à turbidez da água filtrada.

Para isso o índice desenvolvido, nas formas de somatório e produtivo, foi utilizado para a avaliação do desempenho de aproximadamente 10 estações de tratamento convencional de água dos estados de Minas Gerais e São Paulo. A seleção das estações foi realizada de acordo com a facilidade de acesso e a consistência dos dados de monitoramento fornecidos.

4.3.1 Exemplo de cálculo do IQETA

Embora a definição dos pesos e dos critérios de pontuação seja apresentada somente no próximo capítulo, nesta seção é demonstrado, Tabela 4-3, um exemplo do cálculo do índice para uma estação a ser avaliada neste trabalho denominada como ETA I.

Os valores do IQETA somatório e produtivo foram calculados de acordo com a Equação 4-1 e Equação 4-2, respectivamente, apresentadas no início deste capítulo.

As pontuações atribuídas a cada parâmetro foram obtidas por meio dos critérios de pontuação apresentados no próximo capítulo na Tabela 5-3 – Critério de pontuação desenvolvido para a GMR e TMR, Tabela 5-5 – Critério de pontuação desenvolvido para o parâmetro N_c , Tabela 5-6 – Critério de pontuação desenvolvido para $\delta\pi$, Tabela 5-7 – Critério de pontuação desenvolvido para V_c , Tabela 5-9 – Critérios de pontuação desenvolvido para os parâmetros G_{cor} e G_{com} , Tabela 5-16 – Critério de pontuação desenvolvido para N_{ch} , Tabela 5-17 – Critério de pontuação desenvolvido para GI , Tabela 5-18 – Critério de pontuação desenvolvido para J_{test} , Figura 5-7 – Critério de pontuação desenvolvido para o par G_r-T_f em flocladores hidráulicos, Figura 5-8 – Critério de pontuação desenvolvido para V_s , Figura 5-9 – Critério de pontuação desenvolvido para Q_L , Figura 5-10 – Critério de pontuação desenvolvido para V_L , Figura 5-11 – Critério de pontuação desenvolvido para T_{filt} , Figura 5-12 – Critério de

pontuação para Vasc/Exp, Figura 5-13 – Critério de pontuação desenvolvido para o parâmetro Dcarr, Figura 5-14 – Critério de pontuação desenvolvido para Tc, Figura 5-14 – Critério de pontuação desenvolvido para Tc.

Os IQETAs na forma de somatório e de produtório foram calculados com ajuda de planilhas de Excel utilizando-se a média diária dos valores dos parâmetros de pelo menos 6 meses de dados das estações, considerando-se 3 meses secos e 3 chuvosos para que se pudesse avaliar o impacto da sazonalidade no desempenho das estações.

Tabela 4-3 – Exemplo de calculo do IQETA para uma estação

Grupo	Parâmetro	Mediana dos valores de cada parâmetro – média diária - de dados referentes a 6 meses.	Pontos	Pesos	Pesos x Pontos	Pesos ^ Pontos	Pontos por grupo-Som	Pontos por grupo-Prod
Mistura Rápida	$G_{MR} (s^{-1})$	1340,65	100	0,06	6,00	1,32	9,00	1,52
	$T_{MR} (s)$	0,40	100	0,03	3,00	1,15		
Floculação	$G_F (s^{-1})$	35,18	50	0,14	7,00	1,73	11,84	2,25
	$T_F (s)$	835,87						
	Tipo de floculador	Hidráulico						
	$\delta p (s^{-1})$	55,11	1	0,04	0,04	1,00		
	N_c	5	60	0,03	1,80	1,13		
	$V_c (m/s)$	0,29	100	0,03	3,00	1,15		
Decantação	$G_{com} (s^{-1})$	19,29	100	0,04	4,00	1,20	25,24	3,40
	$G_{cor} (s^{-1})$	8,19	100	0,05	5,00	1,26		
	$V_s (cm/min)$	3,02	80	0,08	6,40	1,42		
	$V_L (cm/s)$	0,26	100	0,04	4,00	1,20		
	$Q_L (L/s.m)$	1,64	100	0,06	6,00	1,32		
Filtração	Tipo de filtro	Descendente-leito duplo	100	0,09	9,00	1,51	17,03	2,17
	Tfilt	279,66						
	Dcarr - Volume filtrado($m^3/m^2/carreira$)	475,30	100	0,04	4,00	1,20		
	Volume de água de lav($m^3/m^2/filtro$)	6,06	100	0,04	4,00	1,20		
	Exp (%)	32	100	0,04	4,00	1,20		
Laux	Manual, com água e lavagem superficial (rastelamento)	1	0,03	0,03	1			
Desinfecção	Cl residual (mg/L)	0,87	10	0,05	0,5	1,12	1,5	1,21
	Tc (min)	1,47						
	pH	≤ 7						
	Nch	A água entra na parte inferior do tanque, recebe o cloro, verte por uma chicana na parte superior e sai num vertedor do tanque para a tubulação.	50	0,02	1	1,08		
Operação	GI	Superior	100	0,07	7,00	1,38	13	1,82
	Jtest	Todo o turno ou mais, dependendo da variação da turbidez da água bruta	100	0,06	6,00	1,32		
IQETA							77,61	55,57

4.3.2 Comparação entre os valores do IQETA com os valores da turbidez da água filtrada

Para a realização da comparação do IQETA com os valores de turbidez para a água filtrada foram elaboradas tabelas nas quais constavam o dia, os valores do IQETA somatório e produtivo e os valores médios da turbidez da água filtrada para seis meses de dados – três meses do período seco e três meses do período chuvoso. Foram então calculados os seguintes valores para cada um dos períodos, definidos de acordo com recomendações dos padrões de potabilidade brasileiro e estadunidense:

- Porcentagem do tempo no qual o valor da turbidez era mantido $\leq 0,7$ uT;
- Porcentagem do tempo no qual o valor da turbidez era mantido $\leq 0,5$ uT;
- Porcentagem do tempo no qual o valor da turbidez era mantido $\leq 0,3$ uT;
- Porcentagem do tempo no qual o valor da turbidez era mantido $\leq 0,1$ uT;
- Valor abaixo do qual se encontram 95% dos valores da turbidez.

De posse destes valores foram realizados diagramas de dispersão com as medianas do IQETA para o período em questão e para cada ETA no eixo das abscissas e um dos valores citados acima para cada ETA no eixo das ordenadas. Ressalta-se que a % do tempo no qual o valor da turbidez era mantido ≤ 1 uT não foi incluído na análise devido ao motivo de todas as estações cumprirem esta meta para o período seco e praticamente todas cumprirem para o período chuvoso, uma vez que este valor é exigido pela Portaria 518/04. Além disso, esta exigência torna estes valores duvidosos induzindo, em alguns casos, o operador a preencher as planilhas com valores abaixo ou iguais a 1 uT quando estes forem maiores.

Foram então calculados os coeficientes de correlação linear e não-linear com a intenção de verificar se o IQETA se correlacionava com os valores da turbidez da água filtrada, ou seja se uma piora no valor do índice era seguida de uma piora da qualidade da água filtrada em termos de turbidez.

O coeficiente de correlação linear calculado foi o conhecido como r de Pearson (r), se os dados formam exatamente uma reta este assume o valor de +1 quando a inclinação da reta for

positiva e -1 quando a inclinação for negativa. Esta medida é bastante influenciada pelos *outliers* uma vez que é calculada utilizando-se estatísticas não robustas como a média e o desvio padrão. A Equação 4-3 foi utilizada para o cálculo de r :

Equação 4-3

$$r = \frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n \left(\frac{x_i - \bar{x}}{s_x} \right) * \left(\frac{y_i - \bar{y}}{s_y} \right) \text{ na qual;}$$

n = número de pontos da amostra;

x_i = valor de cada variável X na amostra;

y_i = valor de cada variável Y na amostra;

\bar{x} = média aritmética dos valores das variáveis X;

\bar{y} = média aritmética dos valores das variáveis Y;

s_x = desvio padrão para as variáveis X;

s_y = desvio padrão para as variáveis Y.

Já o coeficiente de correlação não-linear utilizado foi o τ de Kendall. A opção por este coeficiente em detrimento de outros que também calculam a correlação não-linear foi o fato de este ser indicado para pequenas amostras, com número de pontos inferiores ou iguais a 10, como é o caso da maioria das situações analisadas neste trabalho. Para calcular o τ os pares devem ser ordenados por ordem crescente dos valores da variável X. Se existir correlação positiva, os valores de Y deverão também se apresentar de modo crescente, caso a correlação for negativa então os valores de Y se apresentarão em ordem decrescente. Se não houver correlação os valores de Y não apresentarão nem ordem crescente, nem decrescente. O τ de Kendall pode ser calculado por meio da expressão apresentada na Equação 4-4.

Equação 4-4

$$\tau = \frac{P - M}{n(n-1)/2} \text{ na qual;}$$

P = número de pares concordantes, ou seja, número de pares nos quais o valor de Y aumenta com o aumento de X;

M = número de pares discordantes, ou seja, número de pares no quais o valor de Y diminui com o aumento de X;

n = número de pontos da amostra.

Quando todos os valores de Y diminuem com o aumento de X o valor de t será igual a -1 e será igual a +1 quando todos os valores de Y aumentarem com o aumento de X (HELSEL & HIRSCH; 2002).

Uma outra análise utilizada para verificar a validade do IQETA foi baseada na premissa de que uma estação possuindo bom desempenho deverá ser capaz, mesmo quando recebendo água bruta de qualidade variável, referindo-se somente aos valores de turbidez, de fornecer água tratada de qualidade constante, ou seja, a qualidade da água tratada não deverá se alterar com a variação da turbidez da água bruta.

Para avaliar se o IQETA apresentava melhores pontuações para as estações trabalhando de acordo com a afirmação acima foram plotadas séries temporais para as águas brutas, decantadas e filtradas e a correlação (r) entre estas.

Por fim foram realizados diagramas de capacidade para todas as estações. Estes demonstram a capacidade da estação para tratar as vazões de pico, momento mais vulnerável à passagem de organismos patogênicos pelo processo de tratamento. O procedimento para a construção dos diagramas de capacidade segue-se abaixo.

4.3.3 Construção do diagrama de capacidade

Os diagramas de capacidade foram elaborados de acordo com o método apresentado por AWWA (1997). Anteriormente à construção do gráfico devem ser levantadas informações referentes às dimensões das unidades e definidas as taxas consideradas necessárias para um bom desempenho do tratamento. Deve-se salientar que estas apresentam ampla variação que pode se transformar em grandes diferenças nos cálculos das capacidades das unidades. Contudo usar um diagrama de capacidade exige um grande potencial de julgamento para que os valores adotados para a construção dos diagramas sejam adequadamente selecionados. Para

a construção dos diagramas presentes neste trabalho foram utilizados os valores estabelecidos pela ABNT (1992), Tabela 4-4.

Tabela 4-4 – Valores adotados para a construção dos diagramas de capacidade presentes neste trabalho

Tempo de floculação (min)	
Floculador hidráulico	20
Floculador mecanizado	30
Taxa de aplicação (m³/m².d)	
Estações com cap. até 1000 m ³ /dia	25
Estações com capacidade entre 1000 e 10000 m ³ /dia	35
Estações com cap. superior a 10000 m ³ /dia	40
Taxa de filtração (m³/m².d)	
Filtro de leito simples de areia	180
Filtro de leito duplo	360

Na Tabela 4-5 é apresentado um exemplo do levantamento destas informações realizados para a ETA IV – uma das estações avaliadas no capítulo 5.3.

Tabela 4-5–Exemplo do levantamento das informações necessárias para a construção do diagrama de capacidade

Número de floculadores	2	Área em planta de cada decantador (m²)	153
Número de câmaras por floculador	12	Capacidade da estação (m³/dia) – Valor médio anual	12719
Dimensões em planta de cada câmara (m)	1,60 x 1,65	Tipo de filtro	Descendente de leito duplo
Profundidade útil –Hútil (m)	4,00	Número de filtros	6
Tipo de floculador	Hidráulico	Área em planta de cada filtro (m²)	18,20
Número de decantadores	3	Vazão diária média máxima anual (m³/s)	0,20

Com base nas informações contidas na Tabela 4-4 e Tabela 4-5 calculam-se as capacidades de cada unidade.

$$\text{Cap. da floculação} = \frac{(\text{n}^\circ \text{ de floculadores} \times \text{n}^\circ \text{ número de câmaras} \times \text{Área por câmara} \times \text{Hútil})}{(\text{Tempo de floculação})}$$

$$\text{Capacidade da floculação} = \frac{(2 \times 12 \times 2,64 \times 4,00)}{(20 \times 60)} = 0,21 \text{ m}^3/\text{s}$$

Cap. da decantação = (nº de decantadores x área em planta do decantador x taxa de aplicação)

$$\text{Capacidade da decantação} = (3 \times 153 \times (35/86400)) = 0,19 \text{ m}^3/\text{s}$$

Cap. da filtração = (nº de filtros x área em planta do filtro x taxa de filtração)

$$\text{Capacidade da filtração} = (6 \times 18,2 \times (360/86400)) = 0,46 \text{ m}^3/\text{s}$$

Com os valores calculados acima constrói-se o gráfico de barras da Figura 4-2. A linha vertical representa a vazão média diária máxima anual. Os valores máximos são utilizados, uma vez que o objetivo é avaliar a integridade da estação no momento mais vulnerável. As porcentagens ao lado das barras horizontais indicam o quanto à capacidade da unidade esta acima (+) ou abaixo da vazão máxima (-).

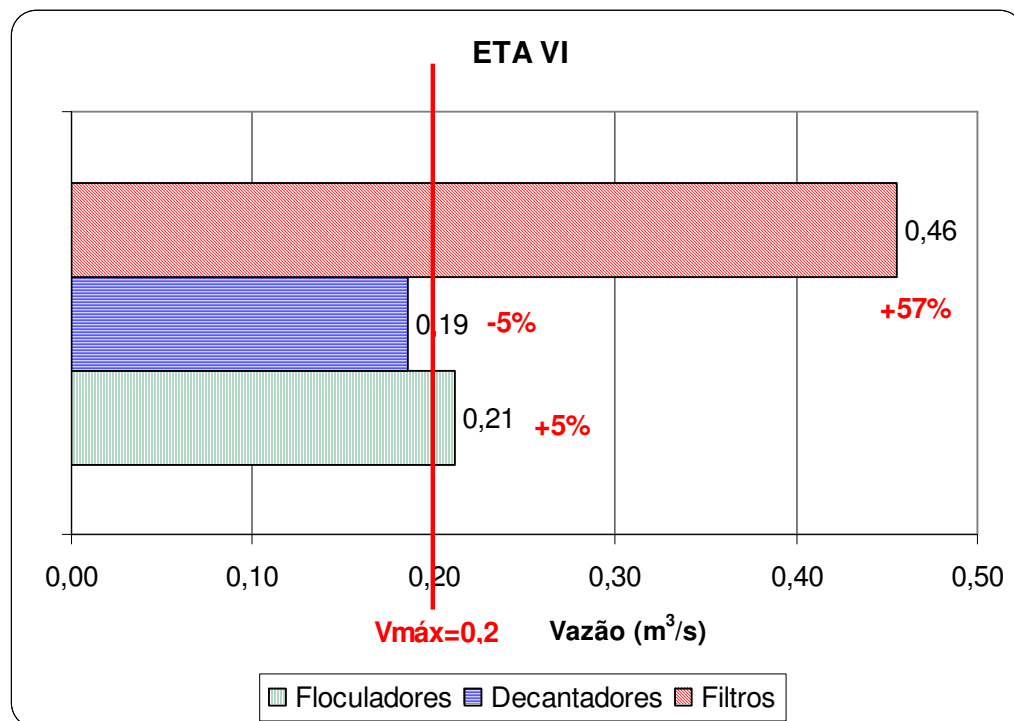


Figura 4-2 – Exemplo de diagrama de capacidade

5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Como já apresentado na metodologia, esta pesquisa dividiu-se em três etapas: realização da pesquisa entre especialistas, desenvolvimento dos critérios de pontuação e aplicação do IQETA a 10 estações. Por isto optou-se por apresentar os resultados em diferentes seções, sendo apresentada, no capítulo 6, uma discussão global do trabalho, interligando todas as partes apresentadas anteriormente.

5.1 Resultados da pesquisa de opinião

A 1ª rodada da pesquisa teve uma duração total de 4 meses – janeiro, fevereiro, março e abril de 2004 – apresentando uma abstenção de 11% em relação aos 18 questionários enviados. Durante esta etapa os questionários foram impressos e enviados aos painelistas por meio de carta. Já na 2ª rodada, cuja duração foi de aproximadamente 3 meses – junho, julho e agosto de 2004 – a abstenção foi 6% entre os 16 questionários enviados. Nesta, os questionários foram enviados por via eletrônica devido à necessidade de maior rapidez no recebimento das respostas e a manifestação da preferência de alguns painelistas por esta forma de envio.

As respostas dos painelistas durante as duas rodadas da pesquisa, bem como os comentários e observações estão apresentados no Apêndice II. Durante a realização da primeira rodada de questionários foram realizados diversos comentários justificando as decisões realizadas ou inserindo-se novos parâmetros. Todas as justificativas foram enviadas para os painelistas durante a segunda rodada. Estas tinham a finalidade de tentar apresentar ao respondente o ponto de vista dos outros colegas. Dos parâmetros incluídos pelos painelistas nenhum foi adicionado à listagem do 2º questionário ou por não se considerar as informações referentes a estes de fácil acesso ou por serem muito subjetivos. Por exemplo foi sugerida a inclusão dos seguintes parâmetros: *sinais visíveis de retromistura, estado geral da casa de química, versatilidade da planta, residuais de coagulante* e outros. As sugestões de parâmetros referentes à qualidade da água bruta não foram acatadas devido ao índice em desenvolvimento ter como finalidade avaliar somente o tratamento, independente da qualidade da água bruta, podendo posteriormente ser associado as características da água bruta ou a um outro índice representado-as. Além disso não houve nenhuma sugestão de inserção de novo parâmetro corroborada por mais de três painelistas.

Como já mencionado anteriormente, os painelistas foram instruídos a pontuarem com até 100 pontos cada um dos parâmetros selecionados com a opção *Incluir*. Este sistema de pontuação foi adotado visando facilitar o preenchimento dos questionários, uma vez que, caso se solicitasse distribuir um total de 100 pontos entre os parâmetros, os participantes levariam mais tempo para preencher os questionários podendo este fato aumentar a taxa de abstinência.

Com isso, uns painelistas mais otimistas acreditaram na importância de todos os parâmetros para o desempenho da ETA, atribuindo pontuações altas para todos eles. Outros mais pessimistas acreditaram na insignificância de quase todos os parâmetros para o desempenho da ETA atribuindo pontuações muito baixas para quase todos os parâmetros. Outros ainda, utilizaram todo o intervalo de 100 pontos, atribuindo altas pontuações e baixas pontuações. No entanto, para o escopo deste trabalho acredita-se ser relevante a importância relativa de cada parâmetro ou seja, o peso conferido a um parâmetro por cada painalista em relação ao total de pontos distribuídos por ele. Por isto a pontuação de cada parâmetro foi dividida pelo total de pontos distribuídos pelo painalista, de forma a todos os pesos distribuídos somarem 100. Na Tabela 3 do Apêndice III são demonstrados os pesos após esta transformação. Os pesos antes da transformação, como já mencionado anteriormente, estão apresentados na Tabela 2 do Apêndice II.

A Figura 5-1 apresenta a percentagem de inclusão dos 22 parâmetros previamente levantados. Destes, 10 parâmetros tiveram a inclusão aumentada, 3 mantida constante e 8 diminuída da 1ª para a 2ª rodada. Esta variação foi reforçada pelo fato de o segundo questionário não apresentar a opção *Indeciso*, obrigando aos respondentes a se decidirem por uma das opções *Incluir* ou *Não Incluir*. Desta figura observa-se apenas um único parâmetro – Nch – com taxa de inclusão inferior a 50% e uma grande variação desta para os demais parâmetros. Enquanto G_{MR} , G_f , Tfilt, V_s e GI foram incluídos por 100% dos painelistas, outros como o Vasc foram incluídos por 80% e, como Nc por 60% e assim por diante.

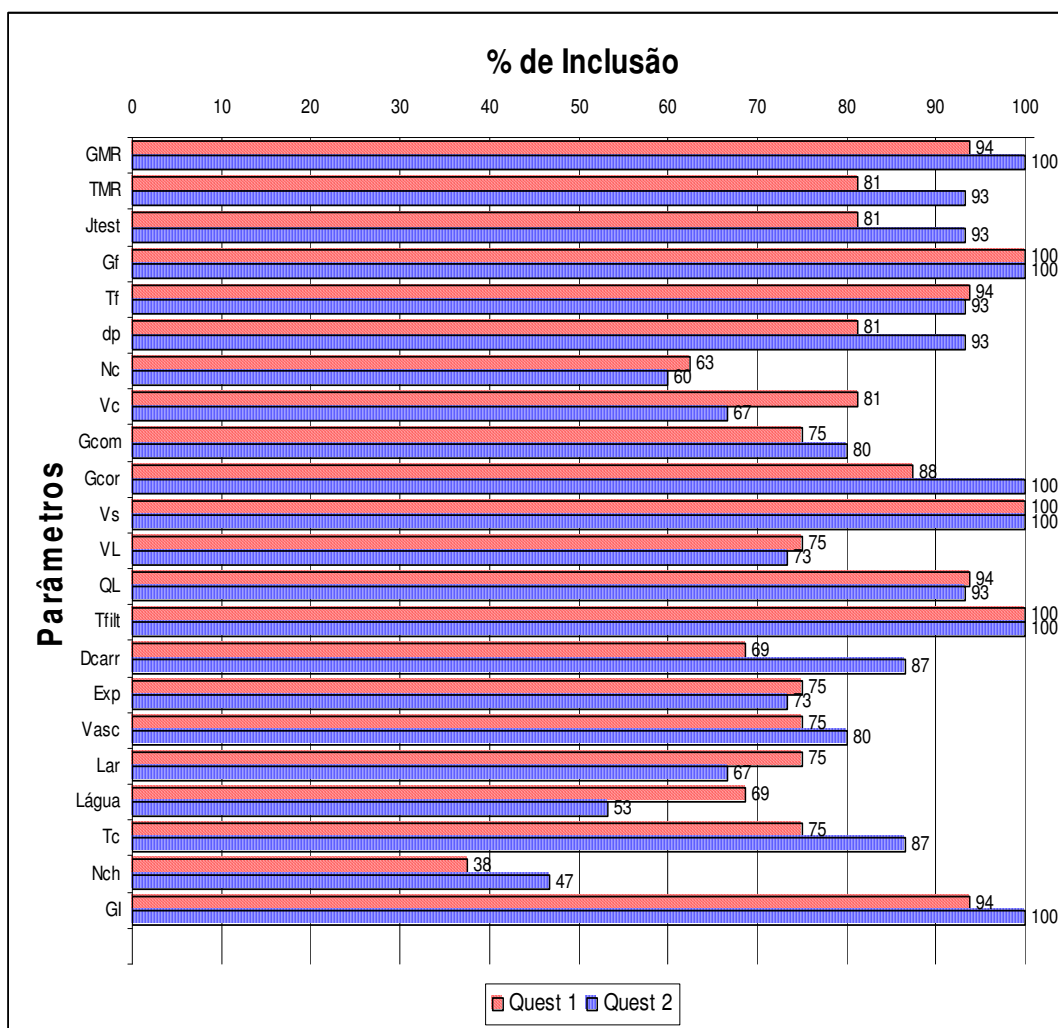


Figura 5-1 - % de Inclusão dos parâmetros no 1º e 2º questionários

O impacto do *feedback* nos pesos atribuídos aos parâmetros no segundo questionário é apresentado pelos gráficos da Figura 5-2. No gráfico (A), os quantis dos pesos do primeiro questionário foram plotados pelos quantis dos pesos do segundo. Pode-se observar a maior variação nos pesos dos parâmetros considerados de maior importância e a quase invariabilidade dos parâmetros de menor peso. O gráfico (B) confirma esta afirmação, apresentando valores mínimos e do 1º quartil quase inalterados e valores máximo e do 3º quartil bastante alterados. Com isso conclui-se que as respostas do primeiro questionário se mantiveram praticamente inalteradas para os parâmetros considerados menos relevantes. Já para os de maiores pesos houve muitas modificações demonstrando que as indecisões a respeito dos pesos e as discordâncias centram-se aos parâmetros considerados mais relevantes.

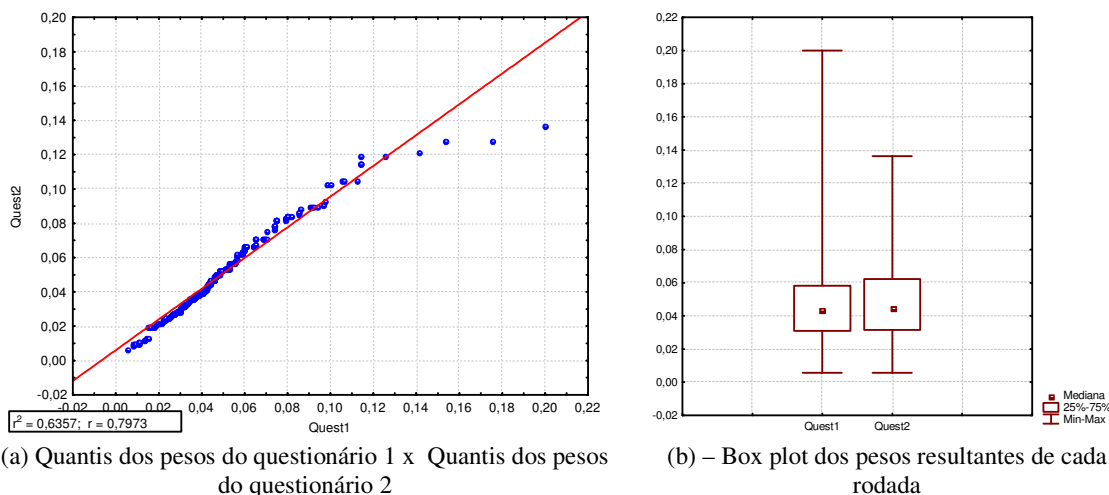


Figura 5-2 – Impacto do feedback nas respostas do segundo questionário

Estas modificações referentes aos pesos podem ser visualizadas de forma individual nos gráficos (a) a (f) da Figura 5-3. Alguns parâmetros mantiveram a dispersão em torno da mediana aproximadamente constante, enquanto outros tiveram esta reduzida ou aumentada. Os parâmetros referentes ao grupo *Operação e Mistura Rápida*, gráficos (a) e (b), são um exemplo dos com dispersão aproximadamente constante. Os grupos com maiores modificações foram *Floculação*, *Decantação* e *Filtração*.

O gráfico da Figura 5-4 apresenta a mediana dos pesos acumulados dos parâmetros, representada pelos círculos, e a diferença entre o valor mínimo e máximo dos pesos atribuídos a cada parâmetro, representada pela barra vertical. Deste pode-se observar a importância atribuída a cada parâmetro dentro do processo de avaliação do desempenho global da ETA. De acordo com o conjunto dos especialistas a taxa de filtração confirmou-se como o parâmetro mais relevante, responsável por aproximadamente 9% do desempenho da ETA. Esta assertiva pode ser confirmada pelas tendências dos padrões de potabilidade nacionais e internacionais de privilegiar a redução da turbidez da água filtrada.

A velocidade de sedimentação e gradiente de velocidade da floculação, junto com a taxa de filtração, foram considerados responsáveis por aproximadamente 23% do desempenho da ETA. O primeiro representando a importância da garantia da sedimentabilidade dos flocos e o segundo a adequada formação destes.

Pela observação das barras verticais pode-se confirmar a assertiva de que os parâmetros de maior peso foram justamente os causadores das maiores disparidades nas respostas dos

questionários indicando concordância entre os painelistas sobre a importância destes para o desempenho da ETA, mas grande discordância acerca do peso destes no processo de tratamento.

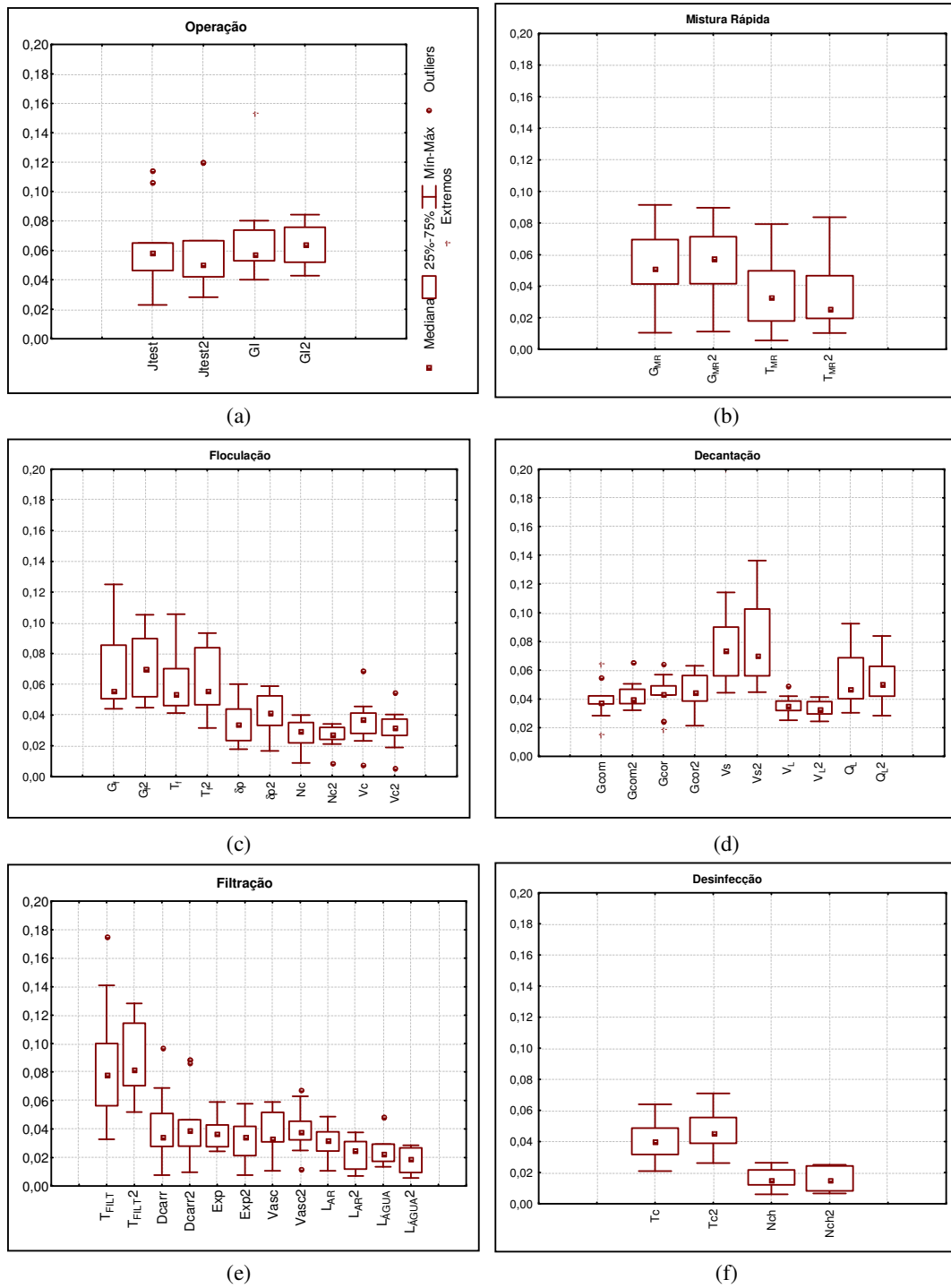


Figura 5-3 – Comparação das respostas do primeiro questionário com as do segundo

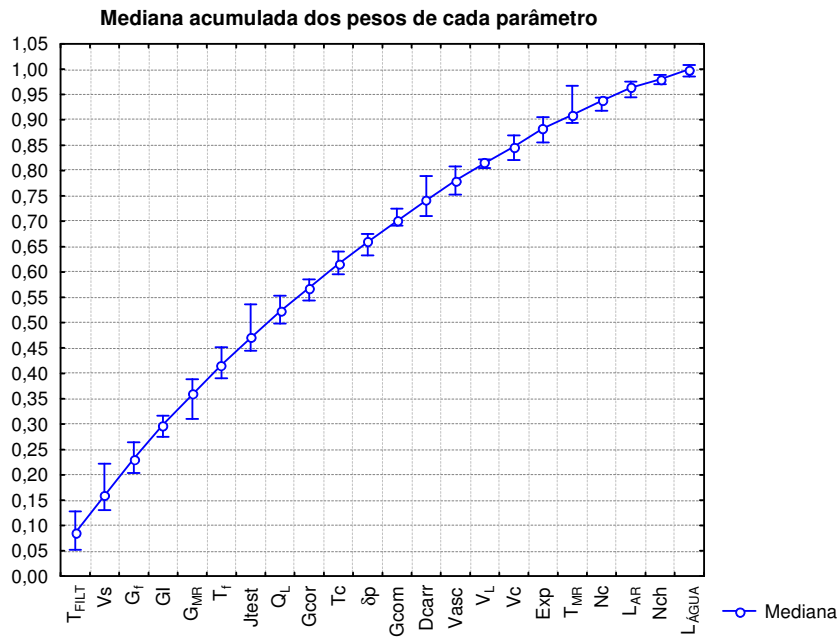


Figura 5-4 – Hierarquização dos parâmetros por meio da mediana acumulada dos pesos

Diante dos resultados, os pesos para o cálculo do IQETA deveriam ser então definidos. E como defini-los diante da grande dispersão dos resultados? Talvez outras rodadas de questionários pudessem levar a uma maior convergência dos resultados, porém esta opção mostrou-se inviável devido ao tempo despendido com cada rodada. Com isso, duas decisões foram tomadas para a definição dos pesos finais: (1) para evitar a influência dos pontos extremos optou-se por definir a mediana dos pontos recebidos – após a já citada transformação - para cada parâmetro como melhor medida da opinião do grupo; (2) nenhum parâmetro foi excluído, sendo os pesos multiplicados pela taxa de inclusão, assim os com 100% de inclusão tiveram seus pesos mantidos e os demais tiveram seus pesos diminuídos.

Por questões relacionadas ao desenvolvimento dos critérios de pontuação, assunto tratado na próxima seção, alguns parâmetros foram unificados. Por exemplo, decidiu-se por pontuar os parâmetros G_f e T_f por par e não individualmente sendo o peso da pontuação do par igual a soma dos pesos individuais de cada um destes. Os parâmetros Lar e Lágua foram transformados em um único parâmetro denominado Laux (Lavagem auxiliar), o peso deste parâmetro foi definido como a mediana de todos os pesos atribuídos a estes. Da mesma maneira foi definido o peso do agrupamento dos parâmetros Exp e Vasc, porém neste caso estes não foram transformados em um único parâmetro e, sim a ETA deverá escolher um dos

dois para ser pontuada, ou pontua com o valor de Exp ou de Vasc, uma vez que a inclusão de ambos estaria sobrevalorando um mesmo aspecto.

Por fim, uma última transformação foi realizada, dividindo-se cada peso pelo total para que todos somassem 1. Todos estes passos podem ser acompanhados nas tabelas do Apêndice III e o peso final de cada parâmetro encontra-se na Tabela 5-1.

Tabela 5-1 – Pesos finais para cada parâmetro

Grupo	Parâmetro	Peso	Grupo	Parâmetro	Peso	
Mistura Rápida	G_{MR}	0,06	Filtração	T_{filt}	0,09	
	T_{MR}	0,03		D_{carr}	0,04	
Floculação	G_f-T_f	0,14		Desinfecção	Exp/Vasc	0,04
	δp	0,04			L_{aux}	0,03
	N_c	0,03	T_c	0,05		
	V_c	0,03	N_{ch}	0,02		
Decantação	G_{com}	0,04	Operação	J_{test}	0,07	
	G_{cor}	0,05		GI	0,06	
	V_s	0,08				
	V_L	0,04				
	Q_L	0,06				

5.2 Desenvolvimento dos critérios de pontuação

Nestas próximas páginas, será dado prosseguimento à 2ª etapa do trabalho apresentando-se o desenvolvimento dos critérios de pontuação para todos os parâmetros incluídos no índice. Esta apresentação foi também dividida por grupos para facilitar a organização das justificativas referentes aos critérios.

5.2.1 Grupo Mistura Rápida

A unidade de mistura rápida tem a finalidade de promover a mistura do coagulante na massa líquida. O sucesso desta etapa é crucial para o tratamento, uma vez que o desempenho dos processos e operações subseqüentes é dependente desta. Quando o mecanismo de coagulação praticado é o de adsorção-neutralização de cargas o tempo de mistura e a intensidade de agitação se tornam essenciais uma vez que as reações envolvidas neste processo são rápidas. No entanto quando se deseja que a coagulação ocorra pelo mecanismo de varredura, a mistura rápida se torna menos importante. Neste caso altas dosagens de coagulante são necessárias, resultando na precipitação de grandes quantidades de hidróxidos de alumínio ou ferro, que

aumentam a frequência de colisões provocando a “varredura” das partículas de turbidez (AWWA, 1997; VIANNA,2002).

A ABNT (1992) por meio da NBR 12216 recomenda que a dispersão de coagulantes metálicos hidrolisáveis seja efetuada a gradientes de velocidades (G_{MR}) compreendidos entre 700 e 1100 s^{-1} por um tempo inferior a 5 s. Segundo Vianna (2002) o limite superior deste intervalo tem como finalidade apenas evitar que se desperdice energia, pois gradientes de velocidade superiores a este não serão prejudiciais à eficiência desta unidade. O mesmo não se aplica ao tempo de reação de mistura rápida (T_{MR}), pois altos valores de T_{MR} podem ocasionar a retromistura diminuindo a eficiência deste processo. O critério de pontuação, Tabela 5-3, para o G_{MR} e T_{MR} foi desenvolvido de acordo com os valores da Tabela 5-3. Foram atribuídos 100 pontos para valores de G_{MR} acima de 700 e de T_{MR} abaixo de 5 s, uma vez que estes são os limites estabelecidos pela ABNT (1992). Os demais pontos foram distribuídos levando em consideração o fato de que em estações de tratamento convencional, o mecanismo de coagulação predominante é a varredura e, portanto, a mistura rápida possui menor importância. Amitharajah e Mills (1982) estudaram a influência da variação do gradiente de mistura rápida (G_{MR}) na eficiência de remoção da turbidez e, chegaram a conclusão, de que quando o mecanismo de coagulação predominante é a varredura, houve apenas pequena variação na eficiência de remoção de turbidez para os três G_{MR} testados – 300, 1.000 e 16.000 s^{-1} – sendo que o produto $G_{MR} \times T_{MR}$ foi mantido aproximadamente constante – 18.000, 20.000 e 16.000 respectivamente.

Tabela 5-2 – Valores citados na literatura para G_{MR} e T_{MR}

	ABNT (1992)	AWWA e ASCE (1998)	Reynolds e Richards (1996)	Qasim, Motley e Zhu (2000)	Great Lakes (2003)	Kawamura (1991)
G_{MR} (s^{-1})	700-1100	600-1000	700-1000	700-1000	---	---
T_{MR} (s)	5	10-60	20-60* 10-300**	12-300	<30	---
$G_{MR} \times T_{MR}$	---	---	---	$3 \times 10^4 - 6 \times 10^4$	---	300-1600 ⁺

* Valores usuais

** Valores encontrados na bibliografia

+ Valores mais efetivos

Até 1996 foram realizados na Pensilvânia (EUA) 506 FPPE (Filter plant performance evaluation), já comentado na seção 3.1, e, um dos dez problemas mais comumente identificados nas estações foi a ausência de unidade de mistura rápida hidráulica ou mecânica. No entanto concluiu-se que embora comum, este fator não apresentava um impacto

substancial na performance da estação a menos que esta utilizasse baixas dosagens de coagulante, ou seja a desestabilização/neutralização de cargas como mecanismo de coagulação (CONSONERY & GREENFIELD, 1997).

Tabela 5-3 – Critério de pontuação desenvolvido para a G_{MR} e T_{MR}

$G_{MR} (s^{-1})$	Pontos	$T_{MR} (s)$	Pontos
$G_{MR} \geq 700$	100	$T_{MR} \leq 5$	100
$700 > G_{MR} \geq 500$	90	$5 < T_{MR} \leq 60$	80
$500 > G_{MR} \geq 300$	50	$60 < T_{MR} \leq 100$	30
$300 > G_{MR} \geq 100$	20	$100 < T_{MR} \leq 120$	10
$G_{MR} < 100$	1	$T_{MR} > 120$	1

5.2.2 Grupo Floculação

Durante a floculação uma agitação lenta é promovida para que o floco cresça até um tamanho com o qual possa ser removido por meio da sedimentação e/ou filtração. No caso do presente trabalho, aplicado às estações de tratamento convencional, a formação de flocos mais volumosos é desejável, uma vez que estes serão removidos nos decantadores.

Segundo AWWA e ASCE (1998) os flocos começam a se formar após 2 s da adição do coagulante e, caso uma turbulência alta seja aplicada após este tempo, os flocos formados poderão ser fragmentados o que leva a uma diminuição da eficiência da sedimentação. Portanto a formação de flocos de maior sedimentabilidade requer a aplicação de níveis mais baixos de energia, sendo que o floco ótimo é formado quando se tem uma condição de redução gradual de energia.

Argaman e Kaufman (1970) concluíram que a eficiência da floculação depende dos mecanismos de agregação e ruptura dos flocos e, para uma mesma eficiência, existe um par de gradientes de velocidade que conduz a tamanho de flocos diferentes. O maior valor está relacionado a um tamanho estável de floco menor, enquanto o valor menor relaciona-se a flocos maiores. Isto pode ser explicado pelo fato de que para maiores gradientes de velocidade, embora ocorra maior taxa de encontros, também será maior a taxa de ruptura. Com isso reafirma-se, como já apresentado no parágrafo anterior, a necessidade de baixos níveis de energia quando a floculação tiver como objetivo a formação de flocos mais volumosos.

A Tabela 5-4 apresenta os valores para gradientes de velocidade e tempo de detenção de acordo com diversos autores. A AWWA e ASCE (1998) afirmam que estações mais modernas, quando operando com vazões máximas, fornecem aproximadamente 20 minutos de tempo de floculação, para uma temperatura de 20° C. Afirmam ainda que referências mais antigas muitas vezes recomendam tempos de floculação de 30 min ou maiores, no entanto deve se atentar para o fato de estes valores não se referirem às vazões máximas.

Um outro fator considerado importante para uma floculação satisfatória é o produto entre o gradiente de velocidade (G_f) e o tempo de floculação (T_f). Este é representada pelo “Número de Camp” (NC).), freqüentemente empregado no dimensionamento de floculadores hidráulicos, que preconiza aproximadamente idêntica probabilidade de choques em cada câmara de floculação. Em tese obter-se-ia mesma eficiência com maiores gradientes de velocidades associados a menores tempos de floculação e vice-versa.

A tabela acima apresenta alguns valores de NC recomendados para projeto de estações. Segundo Kawamura (1996), o NC é o parâmetro controlador da floculação, e, não somente o G_f . No entanto este é dependente das características da água bruta, da temperatura e do tipo de coagulante utilizado. Em seu trabalho, são apresentadas algumas curvas, referentes a 2 estações nos E.U.A, nas quais a floculação possui bom desempenho em uma ampla faixa de intervalos para NC.

Devido à relação existente entre G_f e T_f optou-se por avaliar o desempenho da floculação por meio de um critério de pontuação que considerasse não só estes parâmetros de forma isolada, mas como também a interação entre eles. Por esta razão estes foram agregados em um único critério de pontuação cujo desenvolvimento levou em consideração três fatores:

- Concordância com os valores estabelecidos pela ABNT (1992) conforme o tipo de floculador – hidráulico ou mecânico;
- Número de Camp (NC);
- Taxa de agregação e ruptura conforme modelo proposto por Argaman e Kaufman (1970).

Tabela 5-4 – Valores citados na bibliografia para os parâmetros G_f , T_f e $G_f \times T_f$

$G_f (s^{-1})$	$T_f (s)$	$G_f \times T_f$	Fonte
10-70	1200- 1800** 1800 a 2400***		(ABNT, 1992)
10-60*	1000-1500	30000 a 60000	(AWWA; ASCE,1998) (KAWAMURA, 1991)
10-50+ 10-75++	1200 1800		(MONTGOMERY, 1985)#
15-60	1200-3600	10000-150000	(QASIM;MOTLEY;ZHU,2000)
10-75*** 25-65****	1800 a 2400***		(RICHTER; AZEVEDO NETTO, 1991)
			(GREAT LAKES, 2003)
* Valores recomendados para tratamento convencional. ** Floculadores hidráulicos *** Floculadores mecanizados **** Mais comumente utilizado + Tratamento convencional e água bruta captada em rio. ++ Tratamento convencional e água bruta captada em reservatório. # Valores sugeridos quando o sulfato de alumínio é utilizado como coagulante, quando utilizado sais de ferro, o valor de G_f não deve ser superior a 50.			

O critério de pontuação para os parâmetros G_f e T_f foi elaborado utilizando-se os valores estabelecidos pela ABNT (1992) já que na ausência de ensaios para a definição destes parâmetros esta é uma referência utilizada por projetistas brasileiros.

A ABNT (1992) apresenta critérios diferentes para o tempo de floculação conforme o tipo de floculador - hidráulico ou mecânico. Esta diferença fundamenta-se na ocorrência de curtos-circuitos, principalmente em floculadores mecanizados, nos quais o tempo de detenção real se afasta do teórico devido ao reduzido número de câmaras. Esta diferença também foi considerada para a pontuação das estações.

A consideração do NC se deve ao fato de diversas referências, Tabela 5-4, recomendarem valores de NC para os projetos de floculadores e também como mais um fator a limitar o desempenho dos floculadores conforme o aumento do tempo de floculação (T_f) – uma vez que a consideração dos valores estabelecidos pela ABNT (1992) já cumpre parcialmente este papel.

A Figura 5-5 (a) representa o gráfico para pontuação caso somente o modelo de Argaman e Kaufman (1970) fosse utilizado para pontuar as estações. Este foi elaborado calculando-se os valores No/N – eficiência da floculação - por meio da Equação 5-2 para diversos valores de G_f - T_f . O maior valor da relação No/N recebeu um total de 100 pontos enquanto os demais pares G_f - T_f receberam uma pontuação proporcional a este valor. Com os valores dos pares

G_f-T_f e suas respectivas pontuações foi construído o gráfico de superfície da referida figura. Desta, bem como da Figura 5-5 (b), também construída a partir do modelo citado, pode-se observar a tendência assintótica da eficiência da floculação com o aumento de T_f . Os valores de K_A e K_B utilizados para a construção das figuras foram respectivamente $3,38 \times 10^{-4}$ e $8,07 \times 10^{-7}$. Estes também foram os valores utilizados para o cálculo dos critérios de pontuação a ser descrito abaixo. Estes valores foram obtidos em trabalho realizado por Di Bernardo, Mendes e Guimarães (1987) para água com turbidez de 200 uT e cor verdadeira de 5 uH, coagulada no mecanismo de varredura e G_f variando na faixa de 10 a 100. Os valores de K_A e K_B devem ser obtidos por meio de ensaios de coagulação – *jar-tests*. No entanto, como o objetivo deste trabalho é, somente, a obtenção de uma referência para a hierarquização de estações, foram adotados os valores já mencionados, por serem os citados na bibliografia que mais aproximam das características das águas naturais da região Sudeste.

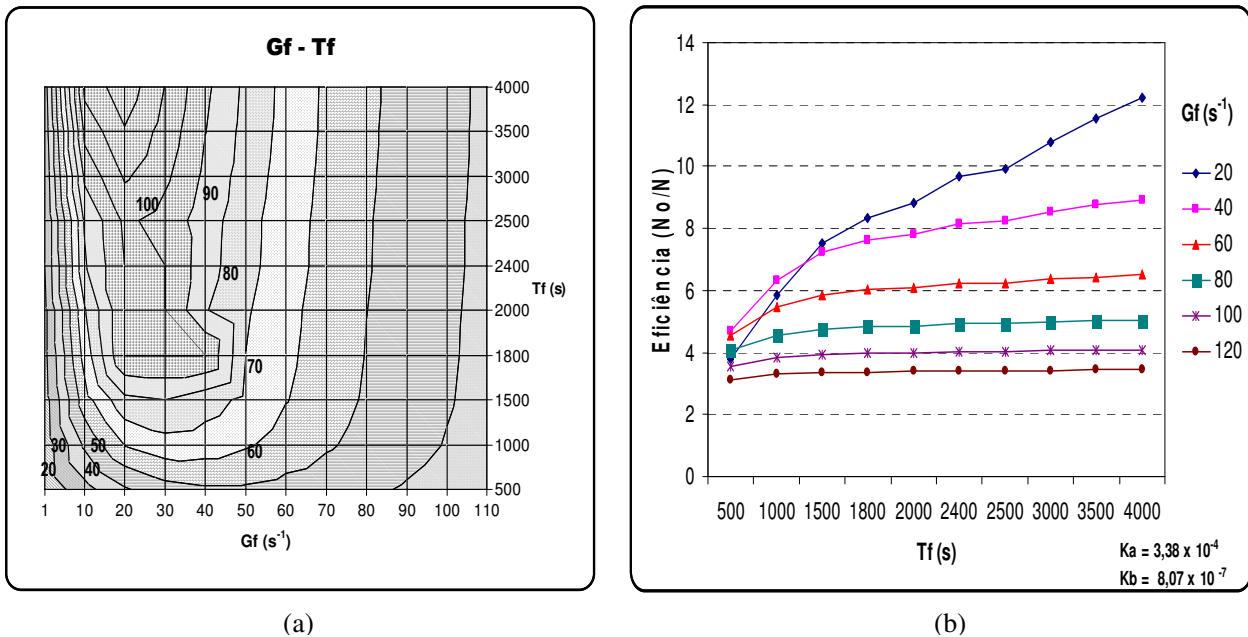


Figura 5-5 – Demonstração da tendência assintótica da eficiência calculada pelo modelo de Argaman e Kaufman com o aumento do tempo de floculação

A Figura 5-6 e a Figura 5-7 apresentam os critérios de pontuação estabelecidos conforme o tipo de floculador – hidráulico ou mecanizado. Durante a elaboração destes critérios, foi variado o valor de G_f de 1 a 110 s^{-1} para diversos T_f . Para uma melhor visualização do processo a ser descrito, reproduziu-se uma parte da tabela utilizada para a elaboração do gráfico referente ao floculador mecanizado no Apêndice IV. Somente uma parte foi reproduzida pelo fato da tabela completa ocupar 24 páginas. A tabela referente ao floculador

hidráulico também não foi reproduzida pois foi elaborada da mesma forma sendo a única diferença os limites para o parâmetro T_f impostos pela ABNT (1992).

Os termos N_o e N constantes das tabelas são respectivamente o número de partículas primárias por unidade de volume afluentes ao reator e o número de partículas primárias por unidade de volume efluentes do reator. A relação N_o/N representa a eficiência da floculação, sendo que valores maiores de N_o/N significam maior eficiência. Esta relação foi calculada por meio da Equação 5-2, que corresponde a Equação 5-1 para número de câmaras (m) igual a 1 (ARGAMAN; KAUFMAN, 1970).

Equação 5-1

$$\frac{N_o}{N_m} = \frac{\left(\frac{1 + K_A * G_f * T_f}{m} \right)^m}{\left(\frac{1 + K_B * G^2 * T}{m} \right) * \sum_{i=0}^{m-1} \left(\frac{1 + K_A * G * T}{m} \right)^i}$$

Equação 5-2

$$\frac{N_o}{N_m} = \frac{(1 + K_A * G * T)}{(1 + K_B * G^2 * T)}$$

nas quais,

G = gradiente de velocidade (s^{-1});

T = tempo de floculação (s);

K_A = coeficiente de agregação;

K_B = coeficiente de ruptura;

N_o/N = número de partículas primárias por unidade de volume que entram no reator/número de partículas primárias por unidade de volume que saem do reator (n^o/m^3).

Todos os pares (G_f-T_f) que se encontravam dentro dos limites estabelecidos pela ABNT (1992) e cujo NC encontrava-se entre 30000 e 96000 receberam o total dos pontos, ou seja 100. Os demais pares obtiveram total de pontos multiplicado pelos fatores A, B, C e D – respectivamente Equação 5-3, Equação 5-4, Equação 5-5 e Equação 5-6 - somente quando

estes se situarem fora do intervalo considerado. Por exemplo, quando o G_f médio estiver entre 10 e 70, o total de pontos não será multiplicado pelo fator B. O fator A representa a relação entre a eficiência obtida pelo par, considerando-se os mecanismos de agregação e ruptura, em relação ao obtido pelo par que obteve o total de pontos e maior eficiência. Alguns pares embora tenham seus valores diminuídos pelos pesos B, C ou D; podem ter seus valores majorados por A, caso sua relação N_o/N seja maior que a obtida para os pares pontuados com 100.

$$PontosObtidos = 100 * A * B * C * D$$

Equação 5-3

$$A = \left(\frac{N_o/N \text{ do par}}{\text{Maior } N_o/N \text{ do Par com total dos pontos}} \right)$$

Equação 5-4

$$B = \frac{\text{Valor de } G_f}{\text{limite inferior da ABNT}} \text{ ou } B = \frac{\text{limite superior da ABNT}}{\text{valor de } G_f}$$

Equação 5-5

$$C = \frac{\text{valor de } T_f}{\text{limite inferior da ABNT}} \text{ ou } C = \frac{\text{limite superior da ABNT}}{\text{valor de } T_f}$$

Equação 5-6

$$D = \frac{(G_f * T_f)}{30000} \text{ ou } D = \frac{60000}{(G_f * T_f)}$$

Os valores de G_f e T_f referentes ao critério de pontuação são respectivamente o G_f médio e o T_f total médio. O número de câmaras foi tratado como um parâmetro independente devido à dificuldade de se considerar a grande quantidade de combinações geradas caso este fosse incluído .

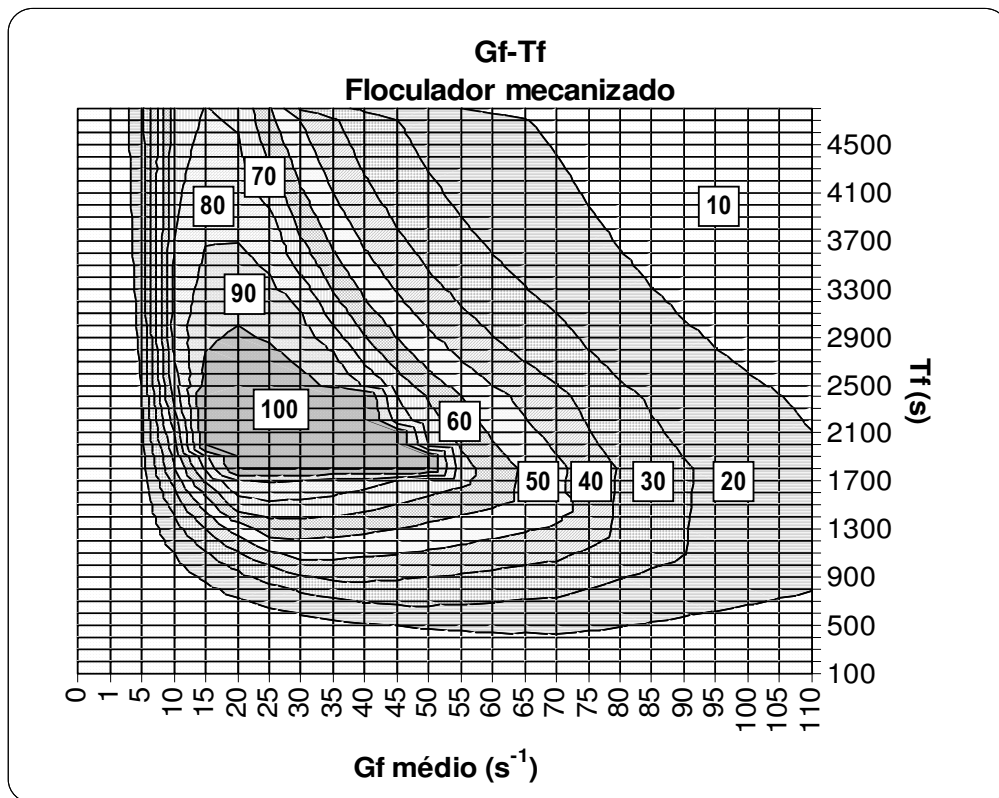


Figura 5-6 – Critério de pontuação desenvolvido para o par G_f-T_f em floculadores mecanizados

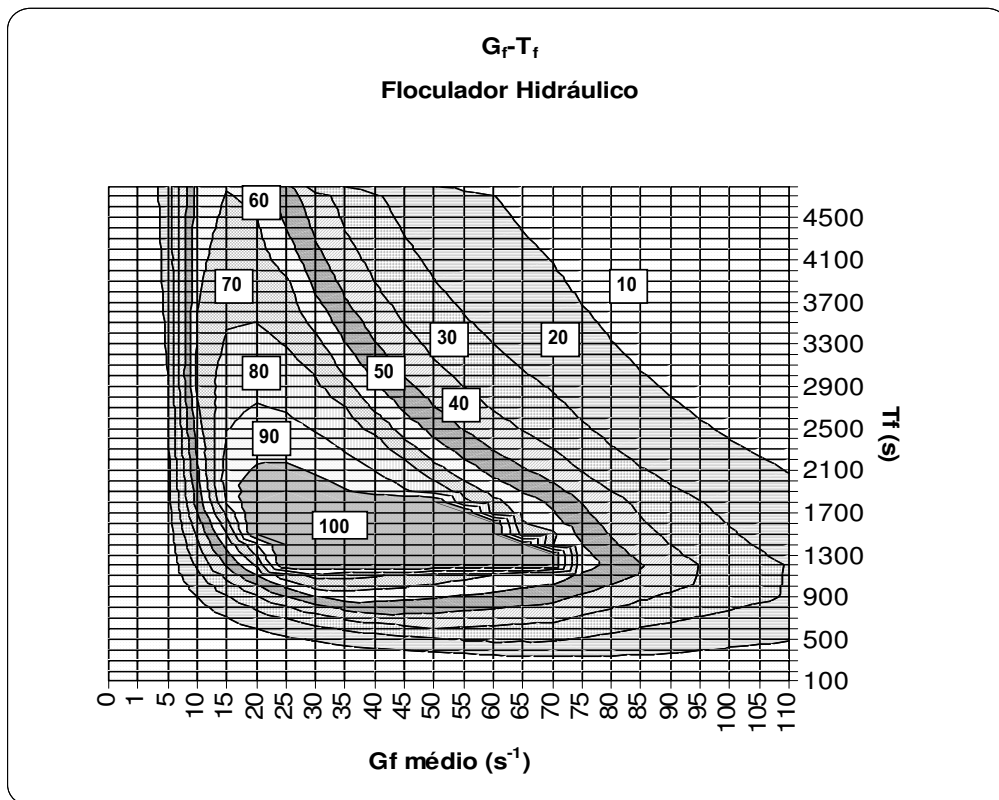


Figura 5-7 – Critério de pontuação desenvolvido para o par G_f-T_f em floculadores hidráulicos

A elaboração do critério para pontuar o parâmetro *número de câmaras* (N_C), Tabela 5-5, foi desenvolvido considerando-se a aproximação do tempo de floculação real do teórico com aumento deste. Para um maior N_C , o escoamento aproxima-se do modelo de fluxo em pistão e há uma redução da ocorrência de curtos-circuitos.

Tabela 5-5 – Critério de pontuação desenvolvido para o parâmetro N_C

N_C	<i>Pontos</i>
Floculador hidráulico $N_C \geq 8$	100
Floculador hidráulico $4 < N_C < 8$	60
Floculador hidráulico $N_C \leq 4$	10
Floculador mecanizado com $N_C \geq 4$	100
Floculador mecanizado com $N_C = 3$	80
Floculador mecanizado com $N_C = 2$	50
Floculador mecanizado com $N_C = 1$	1

Em um floculador com várias câmaras, as passagens entre estas devem ser adequadamente dimensionadas de forma a não provocar a ruptura dos flocos. O critério de pontuação para o parâmetro gradiente de velocidade nas passagens entre câmaras (δp) foi elaborado de acordo com a ABNT (1992) na qual consta que estes deverão ser inferiores ao do compartimento anterior.

Tabela 5-6 – Critério de pontuação desenvolvido para δp

δp	
$\leq G_f$ da câmara de floculação antecedente	<i>Pontos</i>
Em 100% das passagens	100
Em pelo menos 75% das passagens	75
Em pelo menos 50% das passagens	50
Em pelo menos 25% das passagens	25
Em menos de 25 % das passagens	1

Um outro importante aspecto para um tratamento eficiente é a manutenção da integridade dos flocos entre as operações de floculação e decantação. Representada pelo parâmetro V_c (Velocidade média de escoamento no canal de água floculada) teve o critério de pontuação desenvolvido de acordo com o proposto pela ABNT (1992), $10 < V_c < 30$ cm/s e pelo Ten State Standards (2003), $11 < V_c < 46$ cm/s . Quando a ETA não era dotada de canal de água floculada, esta recebeu um total de 100 pontos. O arranjo cujo tanque de floculação é incorporado ao decantador oferece vantagens como a minimização da área ocupada, a minimização da ruptura dos flocos, a simplicidade de projeto e a economia com a construção

(KAWAMURA, 1991). Baseando-se principalmente na minimização da ruptura dos flocos este arranjo recebeu a pontuação igual a 100.

Tabela 5-7 – Critério de pontuação desenvolvido para V_c

V_c (cm/s)	Pontos
Não há canal de água floculada	100
$10 \leq V_c \leq 30$	100
$30 < V_c \leq 40$	80
$40 < V_c \leq 50$	60
$V_c < 10$	30
$50 < V_c \leq 60$	15
$V_c > 60$	0

5.2.3 Grupo Decantação

A unidade de decantação possui a finalidade de remover pela ação da gravidade os flocos formados nas etapas anteriores diminuindo a carga de partículas afluentes aos filtros. Dentre os fatores intervenientes na eficiência desta operação destaca-se a velocidade de sedimentação, as condições de entrada e saída e o procedimento de remoção do lodo sedimentado.

Devido às diferenças de tamanho, densidade e forma das partículas a decantação apresenta grande dificuldade de ser descrita. Com isso o modelo do decantador ideal de escoamento horizontal é utilizado para se prever o comportamento das partículas. Algumas suposições simplificativas caracterizam este modelo: (1) dentro da zona de sedimentação, as partículas sedimentam de forma análoga a em um recipiente em repouso de mesma profundidade; (2) o escoamento e a concentração das partículas em suspensão são uniformes em toda seção transversal; (3) uma vez que os flocos atingem a zona de lodos, não há ressuspensão destes.

Das partículas localizadas na superfície da lâmina d'água de um decantador ideal, somente as que apresentarem velocidade de sedimentação (V_s) igual ou superior à taxa de aplicação superficial (Q/A) irão ser removidas, condição representada pela Equação 5-7. Já a eficiência de remoção (E), das partículas com velocidade inferior a V_s (V_s'), uniformemente distribuídas na massa líquida, será proporcional a razão entre a altura h e a altura da lâmina d'água (H), Equação 5-8. Sendo h , a altura necessária para o tempo de detenção (t), Equação 5-9, que a partícula localizada na superfície necessita para ser removida, igualar-se ao tempo t' – necessário para a remoção das partículas com velocidade V_s' , Equação 5-10. Desta equação

conclui-se que a eficiência de remoção das partículas com velocidade V_s' é representada pela relação V_s'/V_s (VIANNA, 2002).

Equação 5-7

$$V_s \geq \frac{Q}{A}$$

Equação 5-8

$$E = \frac{\text{Partículas Removidas}}{\text{Total de Partículas}} = \frac{h}{H}$$

Equação 5-9

$$t = \frac{H}{V_s}$$

Equação 5-10

$$t = t' \leftrightarrow \frac{H}{V_s} = \frac{h}{V_s'} \leftrightarrow \frac{V_s'}{V_s} = \frac{h}{H}$$

na qual,

Q = vazão afluyente ao decantador;

A = área da base do decantador.

Um decantador trabalhando com sobrecarga possuirá uma taxa de aplicação superficial superior à utilizada em seu projeto, portanto estará removendo apenas partículas com V_s superior para a qual este foi projetado. Devido a isto este estará trabalhando com uma eficiência de remoção inferior a 100%.

O estabelecimento do critério de pontuação para a velocidade de sedimentação partiu da seguinte questão: para a Q/A real, qual seria a eficiência de remoção de partículas que apresentassem V_s de projeto?

Estas eficiências foram calculadas a partir da relação V_s'/V_s , considerando V_s igual a uma taxa de aplicação sofrendo incremento de 5% a partir da taxa de projeto e V_s' igual à taxa de aplicação de projeto. A escolha da taxa de aplicação de projeto levou em consideração as

recomendações da ABNT (1992) para as diferentes capacidades das estações. Estas, assim como outras encontradas na literatura são apresentadas na Tabela 5-8 .

Tabela 5-8 – Valores encontrados na bibliografia para os parâmetros referentes ao grupo *Decantação*

	ABNT (1992)	AWWA e ASCE (1998)	Qasim, Motley e Zhu (2000)	Great Lakes (2003)
Taxa de aplicação superficial ($m^3/m^2.d$)	25* 35** 40***	33 - 49	20 – 40	
Tempo de detenção (h)		1,5 – 2,0 [#]	4 – 8	≤ 4
Velocidade longitudinal (cm/s)	0,50 ⁺ 0,75 ⁺⁺ 1,0 ⁺⁺⁺			$\leq 2,7$
Gradiente de velocidade das comportas de acesso ao decantador (s^{-1})	≤ 20			
Gradiente de velocidade através dos orifícios da cortina de distribuição (s^{-1})	≤ 20	$\leq G$ da última câmara de floculação		
Vazão linear de coleta de água decantada (L/s.m)	$\leq 1,8$	$\leq 2,9$	2,3 – 3,5	$\leq 2,9$

* Valor máximo para estações com capacidade até 1000 m³/d.

** Valor máximo para estações com capacidade entre 1000 e 10000 m³/d em que é possível garantir bom controle operacional.

*** Valor máximo para estações com capacidade superior a 10000 m³/d.

+ Valor máximo para estações com capacidade até 10000 m³/d.

++ Valor máximo para estações com capacidade superior a 10000 m³/d em que é possível garantir bom controle operacional.

+++ Valor máximo para estações com capacidade superior a 10000 m³/d com remoção contínua de lodo por sistemas mecânicos ou hidráulicos.

Para decantadores com sistema mecânico de remoção de lodo.

Em um decantador real a velocidade de sedimentação das partículas irá aumentar à medida que estas, devido à sedimentação diferencial, se agruparem em flocos maiores. Com isso a eficiência de remoção será maior do que a calculada com o modelo ideal apresentado anteriormente. Em oposição ao efeito positivo da sedimentação diferencial, o efeito do vento, temperatura, correntes devido à diferença de densidade e outros fatores causam curto-circuitos, quebra dos flocos e ressuspensão do lodo sedimentado prejudicando o desempenho desta unidade (AWWA; ASCE, 1998). Devido à dificuldade de equacionar a influência destes fatores e considerando que os efeitos positivos da sedimentação diferencial possam compensar os demais efeitos negativos, o critério de pontuação para a V_s , apresentado na Figura 5-8, utilizou-se apenas do modelo ideal já descrito anteriormente. O detalhamento dos cálculos para a construção desta figura encontra-se no Apêndice V.

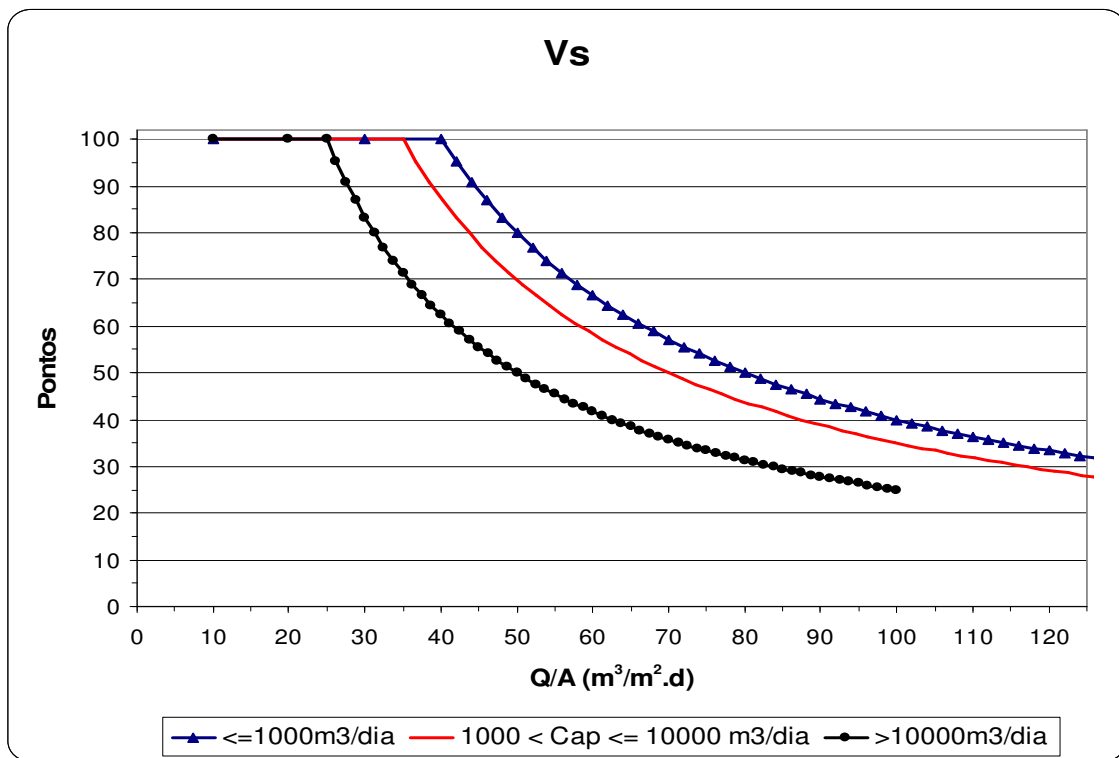


Figura 5-8 – Critério de pontuação desenvolvido para Vs

Como já citado anteriormente, a cortina de distribuição possui grande relevância para o desempenho adequado dos decantadores. Segundo Qasim, Montley e Zhu (2000), esta tem a dupla finalidade de distribuir a água floculada da forma mais uniforme possível na seção transversal do decantador e dissipar a velocidade de aproximação, tornando as características hidráulicas do escoamento mais próximas das condições ideais. Os trabalhos de Yee e Brabb (1985), Monk e Willis (1987), Hudson (1981), Kawamura (1991) *apud* AWWA e ASCE (1998) fornecem subsídios à demonstração da importância do projeto adequado da zona de entrada, uma vez que este minimiza o potencial de curto-circuitos e evita a quebra dos flocos, tornando o funcionamento do decantador mais eficiente.

O critério de pontuação para os parâmetros gradiente de velocidade através dos orifícios da cortina de distribuição de água floculada (G_{cor}) e gradiente de velocidade nas comportas de acesso ao decantador (G_{com}), Tabela 5-9, foram desenvolvidos fundamentados nos valores encontrados na literatura e apresentados na Tabela 5-8.

Tabela 5-9 – Critérios de pontuação desenvolvido para os parâmetros G_{cor} e G_{com}

G_{cor} e G_{com} (s^{-1})	Pontos
$\leq G_f$ da última câmara de floculação e ≤ 24	100
$\geq G_f$ da última câmara de floculação e ≤ 24	70
$\leq G_f$ da última câmara de floculação e ≥ 24	30
$\geq G_f$ da última câmara de floculação e ≥ 24	1

Além da zona de entrada, também a zona de saída interfere no funcionamento dos decantadores. As calhas coletoras provocam um aumento nas velocidades vertical e horizontal conforme o escoamento é forçado dos limites do decantador para as calhas coletoras. Este aumento de velocidade pode ocasionar em uma quantidade significativa de partículas coletadas pelas calhas, provenientes da ressuspensão do material sedimentado e das que não tiveram tempo suficiente para sedimentar. Uma forma de reduzir as velocidades verticais aumentando a eficiência da decantação consiste em aumentar a área superficial na qual a água é coletada (AWWA; ASCE,1998).

O critério para o parâmetro vazão linear de coleta de água decantada apresentado na Figura 5-9 foi elaborado a partir da afirmação feita por Vianna (2002) de que quanto menor a lâmina d'água sobre a estrutura de coleta, menor será o arraste de flocos que já estejam chegando ao fundo do decantador.

Em um primeiro momento, calculou-se, por meio da equação de Thomson (VIANNA; 2002), Equação 5-11, a altura da lâmina d'água atingida em um vertedouro triangular de base igual 10 cm e altura de 5 cm, quando a vazão linear de coleta da água fosse igual 1,8 L/s.m – valor limite estabelecido pela ABNT (1992), Equação 5-12. Para vazões até o valor de 1,8 L/s.m foram atribuídos 100 pontos. Então para valores a partir de 5,4 L/s.m a relação 2,77/h foi multiplicada por somente 30 pontos. Este primeiro ponto e o ultimo ponto pontuados com 100 foram unidos por uma reta decrescente. Este procedimento pode ser visualizado na Tabela 5-10. O motivo da multiplicação da relação 2,77/h por somente 30 pontos para pontos a partir de 5,4 L/s.m se deu devido a este valor ser igual a 3 vezes o limite estabelecido pela ABNT (1992). No início, havia-se diminuído os pontos distribuídos gradativamente, resultando em um gráfico em degraus. Depois como os degraus se aproximavam de uma reta decidiu-se por adotar a reta uma vez que esta forma de gráfico é mais simples e nem o critério desenvolvido tão preciso a ponto de justificar os degraus.

Equação 5-11

$$Q = 1,4 * h^{2/5}$$

na qual,

h = altura da lâmina d'água no vertedouro;

Q = vazão coletada por cada vertedouro.

Equação 5-12

$$h = \left(\frac{1,8}{\frac{1000 * 10}{1,4}} \right)^{2/5} = 2,77 \text{ cm}$$

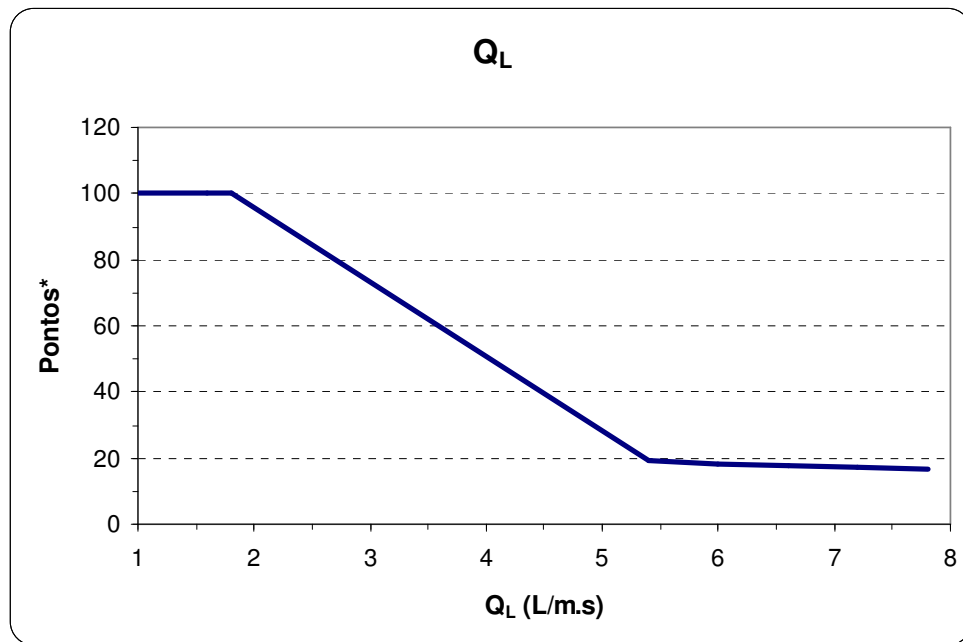
Tabela 5-10 – Procedimento de desenvolvimento do critério de pontuação desenvolvido para Q_L

Q (L/s.m)	h (cm)	Pontos	
1		100	
1,6		100	
1,8	2,77	100	
5,4	4,31	19,3	=(2,77/h)*30
6	4,49	18,5	=(2,77/h)*30
6,6	4,67	17,8	=(2,77/h)*30
7,2	4,83	17,2	=(2,77/h)*30
7,8	4,99	16,6	=(2,77/h)*30

Uma dúvida levantada foi se o fato do critério ter sido desenvolvido utilizando-se um vertedor triangular não o inviabilizaria para outros tipos de calhas coletoras. Por isto calcularam-se, por meio da Equação 5-13, as respectivas alturas da lâmina d' água para as vazões 1,8 L/s.m e 5,4 L/s.m e chegou-se a 0,99 cm e 2,05 cm resultando em um total de pontos para a vazão de 5,4 L/s.m igual a 14,49 pontos. Este valor é pouco inferior aos 19,3 obtidos para o vertedor triangular, no entanto como o critério não tem a finalidade de fornecer um valor preciso e sim uma estimativa do desempenho, acredita-se que esta diferença não é relevante a ponto de se vincular o critério de pontuação ao tipo de vertedor.

Equação 5-13

$$Q = 1,838 * L * h^{3/2} \text{ na qual } L = \text{comprimento da soleira (m)}.$$



* Se o vertedor estiver afogado então Pontos = 0

Figura 5-9 – Critério de pontuação desenvolvido para Q_L

O último parâmetro selecionado para a avaliação dos decantadores é a velocidade logitudinal de escoamento (V_L). Richter e Azevedo Netto (1991) afirmam que uma partícula depositada no fundo do decantador será arrastada quando V_L for superior a 18 V_s . O critério de pontuação para este parâmetro baseou-se nesta relação. Para V_s variando a partir de 40, 35 ou 25 $m^3/m^2.dia$, conforme capacidade da estação, foi calculado o valor 18 V_s . Os valores inferiores a 1,00 cm/s, para estações com capacidade superior a 10000 m^3/dia , e inferiores a 0,6 para estações com capacidade inferior a 10000 m^3/dia receberam 100 pontos. Já os valores superiores a este limite receberam pontos proporcionalmente a relação entre a maior V_s cuja V_L resultante foi pontuada com 100 pontos e a V_s utilizada para o cálculo. O gráfico da Figura 5-10 apresenta o critério de pontuação para este parâmetro, estando no Apêndice VI o detalhamento do cálculo realizado para a construção da figura.

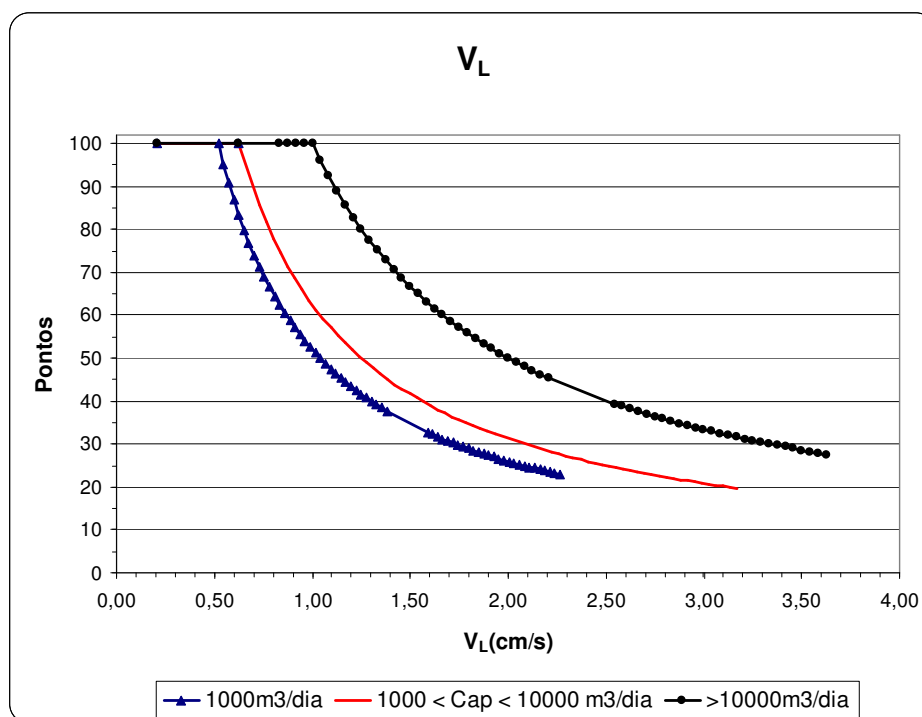


Figura 5-10 – Critério de pontuação desenvolvido para V_L

5.2.4 Grupo Filtração

O processo de filtração possui papel fundamental na remoção dos organismos patogênicos e, devido a isto, é essencial que este atinja um alto grau de desempenho. A capacidade de um sistema de filtração pode ser avaliada pela taxa de filtração (T_{filt}) cuja definição deve levar em consideração diversos fatores como o tipo e características de leito filtrante - tamanho efetivo, tamanho do maior e menor grão, coeficiente de desuniformidade -, operação dos filtros e características do afluente. A especificação do leito é a fase de maior importância no projeto dos filtros e geralmente é realizada por meio de decisões arbitrárias, tradições e normas. No entanto, somente a realização de estudos em unidades-pilotos pode determinar as características mais adequadas do leito para a água a ser tratada. A Tabela 5-11 e Tabela 5-12 apresentam alguns valores típicos encontrados na literatura para o projeto de unidades de filtração de escoamento descendente.

Tabela 5-11 – Valores citados na literatura

Tipo	Parâmetro de projeto	ABNT (1992)	Di Bernardo (1993b)	Great Lakes (2003)	Reynolds e Richards (1996)	AWWA e ASCE (1998)	Qasim, Motley e Zhu (2000)
Camada simples	Taxa de filtração (m ³ /m ² .dia)	180	300*##	--	118-294 235#	--	120-240
	Espessura da camada (cm)	45 ⁺	100**	61-76	61-76 68,5#	60-90	50-150
	Coefficiente de desuniformidade	1,4-1,6	1,2*	1,65*	1,7** 1,7**#	1,3-1,8	1,2-1,7
	Tamanho efetivo (mm)	0,45 – 0,55	0,90-1,30	0,45-0,55	0,35-0,70 0,60#	0,35-0,60	0,50-1,50
	Tamanho dos grãos (mm)	--	0,84-1,68	--	--	--	--
Camada dupla	Taxa de filtração (m ³ /m ² .dia)	360*	500*##	--	176-470 294#	--	240-600
	Espessura da camada (cm)	25** ⁺	0,20-0,30 ⁺	30*	15-20,5 ⁺ 15#	15-30 ⁺	20-40 ⁺
		45** ⁺⁺	0,45-0,60 ⁺⁺	60-76 [§]	46-61 ⁺⁺ 61#	46-76 ⁺⁺	30-60 ⁺⁺
	Coefficiente de uniformidade	1,4- 1,6 ⁺	1,6* ⁺	1,6* ⁺	1,5-1,7 ⁺ 1,6#	--	1,2-1,7 ⁺
		1,4** ⁺⁺	1,6 ⁺⁺ *	1,85 ⁺⁺⁺	1,8-1,8 ⁺⁺ 1,7#	--	1,3-1,8 ⁺⁺
	Tamanho efetivo (mm)	0,40- 0,45 ⁺	0,40-0,60 ⁺	0,45-0,55 ⁺	0,45- 0,55 ⁺ 0,5#	0,40- 0,55 ⁺	0,45- 0,60 ⁺
		0,8- 1,0 ⁺⁺	0,90-1,10 ⁺⁺	0,8-1,2 ⁺⁺	0,9-1,1 ⁺⁺ 1,0#	0,80- 1,1 ⁺⁺	0,70- 2,0 ⁺⁺
	Tamanho dos grãos (mm)	--	0,42-1,41 ⁺	--		--	--
--		0,59-2,00 ⁺⁺	--		--	--	

* Valor máximo

** Valor mínimo

+ Areia

++ Antracito

Valor característico

Filtração realizada com taxa declinante

§ Valor total da camada → Antracito + Areia

Tabela 5-12 – Valores citados na literatura para o material utilizado como leito filtrante

Material	Propriedade	AWWA e ASCE (1998)	AWWA (1999)	Reynolds e Richards (1996)	PROSAB (2003)
Areia	Massa específica (kg/m ³)	2550 – 2650	2650	2650	2650-2670
	Porosidade	0,40 – 0,45	0,42-0,47	--	
	Coefficiente de esfericidade	--	0,70-0,80	--	--
Antracito	Massa específica (kg/m ³)	1500 – 1750	1450-1730	1200-1600	1400-1700
	Porosidade	0,50 – 0,55	0,56-0,60	--	--
	Coefficiente de esfericidade	--	0,46-0,60	--	--

Os mecanismos envolvidos neste processo bem como a cinética da filtração são bastante complexos e ainda não entendidos completamente. Durante a carreira de filtração, partículas sólidas são depositadas nos interstícios do leito, causando uma diminuição da porosidade e um correspondente aumento da perda de carga. Inúmeras equações foram desenvolvidas para se estimar a perda de carga final dos filtros. Segundo Di Bernardo (1993b) a equação proposta por Fair-Hach, Equação 5-14, tem sido confirmada por vários pesquisadores para taxas de filtração até 500 m³/m².d e, para taxas de filtração maiores, é recomendável o uso da equação de Ergun, Equação 5-15, válida para qualquer regime de escoamento e número de Reynolds compreendido entre 1 e 2000.

Equação 5-14

$$\frac{\Delta h}{L} = \frac{150 \cdot \nu \cdot V_{\infty} \cdot (1 - \epsilon_0)^2}{g \cdot \epsilon_0^3 \cdot C_e^2} \cdot \sum_{i=1}^n \frac{X_i}{(D_{gi})^2}$$

Equação 5-15

$$\frac{\Delta h}{L} = \frac{150 \cdot \nu \cdot V_{\infty} \cdot (1 - \epsilon_0)^2}{g \cdot \epsilon_0^3 \cdot C_e^2} \cdot \sum_{i=1}^n \frac{X_i}{(D_{gi})^2} + 1,75 \cdot \frac{(1 - \epsilon) \cdot V_{\infty}^2}{C_e \cdot \epsilon^3 \cdot g} \cdot \sum_{i=1}^n \frac{X_i}{D_{gi}}$$

nas quais:

Δh : perda de carga (m);

L : espessura da camada de material filtrante (m);

v : velocidade cinemática da água (10^{-6} m²/s, para temperatura de 20° C);

C_e : coeficiente de esfericidade dos grãos do meio filtrante;

g : aceleração da gravidade (9,81 m/s²);

ϵ_o : porosidade do material filtrante;

V_∞ : velocidade de aproximação (=Taxa de filtração) (m/s);

X_i : fração em peso do material com diâmetro médio D_{gi} ;

D_{gi} : diâmetro médio dos grãos da camada “i” (m) .

Inicialmente o critério de pontuação para a taxa de filtração foi desenvolvido utilizando-se a Equação 5-14 para taxas de filtração até 500 m³/m².d e a Equação 5-15 para valores superiores a este. No entanto a diferença de pontuação obtida pela o uso da equação de Fair-Hach foi inferior a 5 pontos. Com isso, optou-se pelo uso da Equação de Ergun para o calculo da curva da Figura 5-11. A variáveis utilizadas para o cálculo das perdas de carga, Tabela 5-13, foram fixadas com base nos valores encontrados na literatura já apresentados na Tabela 5-12. O detalhamento do cálculo encontra-se no Apêndice VII.

Tabela 5-13 – Valores das variáveis adotados no calculo do critério de pontuação para Tfilt

Variáveis adotadas	Areia (leito simples)	Areia (leito duplo)	Antracito
C_e	0,80	0,80	0,60
ϵ_o	0,40	0,40	0,50
Espessura da camada (cm)	25	25	45
Diâmetro do maior grão (mm)	1,41	1,41	2,00
Diâmetro do menor grão (mm)	0,80	0,42	0,59
D_{gi} (mm)	$\sqrt{0,80 \cdot 1,41} \cong 1,00$	$\sqrt{0,42 \cdot 1,41} \cong 0,80$	$\sqrt{0,59 \cdot 2,00} \cong 1,10$
ρ_s (kg/m ³)	2650	2650	1650

O cálculo do termo $\sum_{i=1}^n \left(\frac{X_i}{D_{gi}^2} \right)$ foi realizado de acordo com a simplificação apresentada por

Vianna (2002) na ausência de realização de ensaios granulométricos. O termo X_i foi adotado igual a 1 e o diâmetro D_{gi} foi calculado como a média geométrica dos diâmetros do maior e do menor grão.

Substituindo os valores da Tabela 5-13 na Equação 5-15, converge-se a Equação 5-16 para o filtro de camada simples e a Equação 5-19 para o filtro de camada dupla. Esta resultante da soma da Equação 5-17, referente à camada de areia, e da Equação 5-18 para a camada de antracito. Por meio destas equações e variando-se a taxa de filtração a partir dos valores estabelecidos pela ABNT (1992) calculou-se a perda de carga. As taxas de filtração receberam 100 pontos multiplicados pela relação entre a perda de carga para o valor estabelecido na ABNT (1992) e a perda de carga calculada para o taxa em questão.

Equação 5-16

$$\frac{\Delta h}{0,60} = \frac{150 \cdot 0,000001 \cdot V_{\infty} \cdot (1-0,40)^2}{9,81 \cdot 0,40^3 \cdot 0,8^2} \cdot \frac{1}{0,001^2} + 1,75 \cdot \frac{(1-0,4) \cdot V_{\infty}^2}{0,8 \cdot 0,4^3 \cdot 9,81} \cdot \frac{1}{0,001}$$

$$\Delta h = 80,63 \cdot V_{\infty} + 1254,30 \cdot V_{\infty}^2$$

Equação 5-17

$$\frac{\Delta h}{0,25} = \frac{150 \cdot 0,000001 \cdot V_{\infty} \cdot (1-0,40)^2}{9,81 \cdot 0,40^3 \cdot 0,8^2} \cdot \frac{1}{0,0008^2} + 1,75 \cdot \frac{(1-0,4) \cdot V_{\infty}^2}{0,8 \cdot 0,4^3 \cdot 9,81} \cdot \frac{1}{0,0008}$$

$$\Delta h = 52,50 \cdot V_{\infty} + 653,28 \cdot V_{\infty}^2$$

Equação 5-18

$$\frac{\Delta h}{0,45} = \frac{150 \cdot 0,000001 \cdot V_{\infty} \cdot (1-0,50)^2}{9,81 \cdot 0,50^3 \cdot 0,60^2} \cdot \frac{1}{0,0011^2} + 1,75 \cdot \frac{(1-0,50) \cdot V_{\infty}^2}{0,60 \cdot 0,50^3 \cdot 9,81} \cdot \frac{1}{0,0011}$$

$$\Delta h = 31,59 \cdot V_{\infty} + 486,52 \cdot V_{\infty}^2$$

Equação 5-19

$$\Delta h = 84,09 \cdot V_{\infty} + 1139,80 \cdot V_{\infty}^2$$

Segundo Kawamura (1991) quando os colóides suspensos são adequadamente coagulados pela combinação do coagulante com pequenas quantidades de polímeros e o excesso de sólidos suspensos devidamente removido durante a decantação, taxas de filtração acima de 600 m³/m².d não afetam a qualidade da água filtrada. Contudo a perda de carga desenvolvida durante estas taxas é crítica. Além disso para flocos fisicamente fracos a qualidade da água pode degradar-se para taxas superiores de 240 m³/m².d.

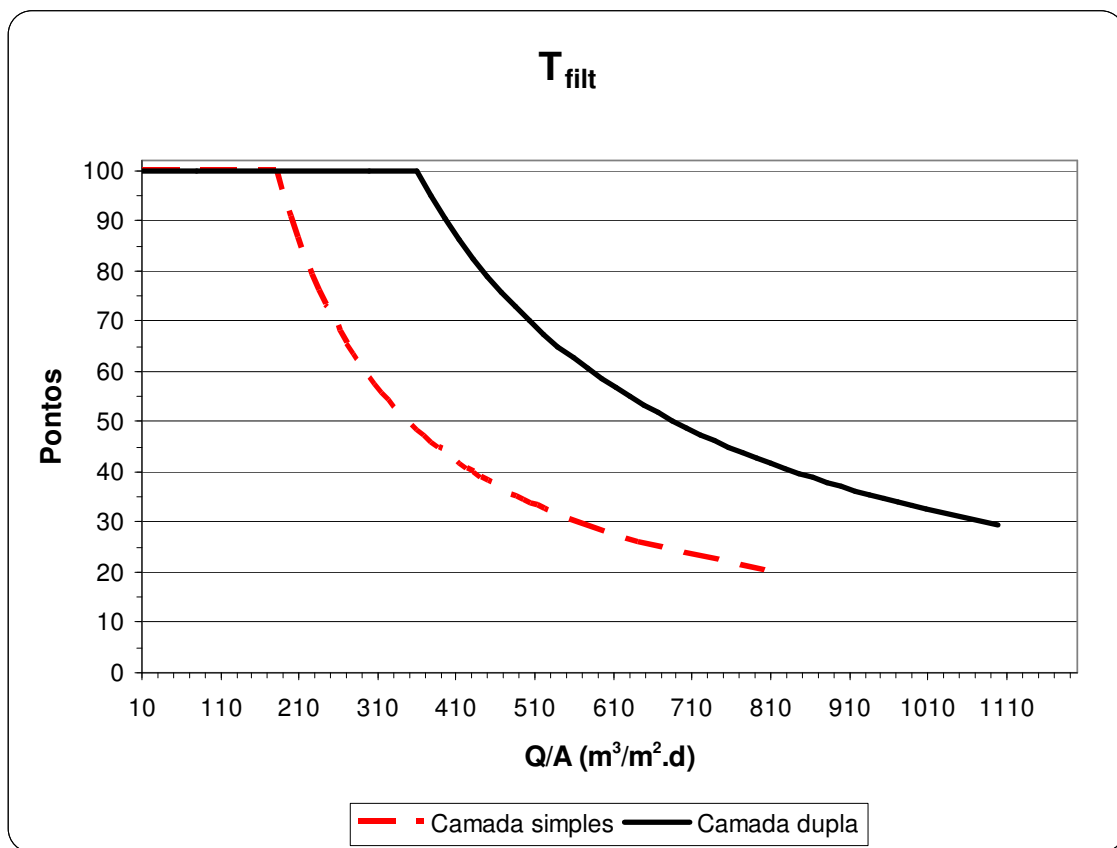


Figura 5-11 – Critério de pontuação desenvolvido para T_{filt}

Quando for atingida a perda de carga limite ou, ocorrer transpasse de sólidos ou a carreira de filtração exceder um determinado valor estabelecido como máximo, o filtro é retirado para a lavagem.

Durante a lavagem, o leito filtrante é expandido ou fluidizado. As partículas são afastadas e os espaços entre elas tornam-se maiores aumentando a porosidade. Segundo Qasim, Montley e Zhu (2000), neste estado, a velocidade vertical da água é aproximadamente igual à velocidade de sedimentação do leito e, por isto, este é parcialmente suportado pela água. Isto permite que as pequenas partículas de flocos, que possuem uma pequena velocidade de sedimentação, sejam removidas do leito. A finalidade da lavagem é remover os flocos depositados sem remover o leito filtrante. Então, a velocidade ascensional durante a lavagem deve ser maior que a velocidade de sedimentação do floco, mas menor que a velocidade de sedimentação do leito. A velocidade de sedimentação do floco tem sido estimada no intervalo entre 2,5 e 25 cm/min e a taxa mínima de lavagem deve ser de 30 cm/min (QASIM; MONTLEY & ZHU, 2000).

Os parâmetros velocidade ascensional de lavagem (V_{asc}) e expansão do leito filtrante (Exp) foram agrupados em um só parâmetro. O motivo desta escolha foi a verificação da dependência entre ambos e, caso fossem considerados separadamente, isto estaria ocasionando um maior peso a este parâmetro.

Para o desenvolvimento do critério para a V_{asc} foi utilizada a equação proposta por Dharmarajah e Cleasby (1986), Equação 5-20, e os dados da literatura apresentados na Tabela 5-14.

Tabela 5-14 – Valores citados na literatura para os parâmetros referentes a lavagem

Parâmetros	ABNT (1992)	Reynolds e Richards (1996)	Great Lakes (2003)	Qasim, Motley e Zhu (2000)
Expansão do leito filtrante (%)	20-30	--	20-50	--
Velocidade ascensional de lavagem (cm/min)	60*	61-82	62-83	62-83
Lavagem com ar seguida por lavagem com água				
Velocidade ascensional de ar (cm/min)	60-120	--	--	30-60+ 92-152 ⁺⁺
Velocidade ascensional de água (cm/min)	--	--	--	20-33+ 62-82 ⁺⁺
Lavagem com ar e água simultaneamente				
Velocidade ascensional de ar (cm/min)	--	61-152 ^{##}	--	62-122 [#]
Velocidade ascensional de água (cm/min)	--	8,2-20,4	--	25 [#]

* Valor mínimo

+ Filtro simples com d_{10} (antracito) = 0,5 mm

++ Filtro duplo com d_{10} (areia) = 0,5 mm e d_{10} (antracito) = 1,0 mm

Para leitos de areia com d_{10} = 1,0 mm

Lavagem com ar é iniciada de 3 a 10 minutos antes do início da lavagem com água

Equação 5-20

$$Re_1 = \frac{V_{\infty} \cdot \rho_a}{S_v \cdot \mu \cdot (1 - \varepsilon)}$$

$$A_1 = \frac{\varepsilon^3}{(1 - \varepsilon)^2} \cdot \frac{\rho_a \cdot (\rho_s - \rho_a) \cdot g}{S_v^3 \cdot \mu^2}$$

$$\log A_1 = 0,56543 + 1,09348 \cdot \log Re_1 + 0,17971 \cdot (\log Re_1)^2 - 0,00392 \cdot \log(Re_1)^4 - 1,5 \cdot (\log C_e)^2$$

na qual:

ε = porosidade do leito filtrante expandido;

ρ_s = massa específica do material do leito (kg/m^3);

ρ_a = massa específica da água (kg/m^3);

μ = viscosidade absoluta da água (N.s/m^2);

g = aceleração da gravidade (m/s^2);

C_e = coeficiente de esfericidade;

D_{eq} = diâmetro equivalente dos grãos;

S_v = superfície específica dos grãos = $6/C_e \cdot D_{eq}$ – para não esféricos (m^2/m^3);

C_e = coeficiente de esfericidade;

V_∞ = velocidade de aproximação ou taxa de filtração (m/s).

Para o desenvolvimento dos gráficos da Figura 5-12 foram calculadas diversas porosidades para a areia e para o antracito variando-se V_{asc} . As tabelas demonstrando este procedimento encontram-se no Apêndice VIII. Com estas porosidades e por meio da Equação 5-21 calculou-se a expansão do leito filtrante. As expansões que estavam dentro do intervalo proposto pela ABNT (1992) – entre 20 e 30 % - receberam a pontuação máxima, ou seja, 100 pontos. As inferiores a 20 % receberam 100 pontos multiplicados pela relação entre a V_{asc} praticada e V_{asc} calculado para expansão mínima de aproximadamente 20%. No caso do filtro de camada dupla esta relação foi multiplicada por 50 pontos, pois a pontuação total será a soma dos pontos recebidos pela camada de areia com os pontos recebidos pela camada de antracito. Os valores superiores a 30 % e inferiores a 50% receberam 100 pontos, ou 50 conforme tipo de filtro, multiplicados pela relação V_{asc} praticada/60 cm/min. O limite de 60 % de expansão foi estabelecido baseado em dados apresentados na Tabela 5-14 desejando-se

evitar a perda de material do leito durante a lavagem. As velocidades correspondentes a expansões superiores a 60% e inferiores a 15% receberam 0 pontos.

Equação 5-21

$$E(\%) = \frac{\varepsilon - \varepsilon_0}{1 - \varepsilon_0} \cdot 100$$

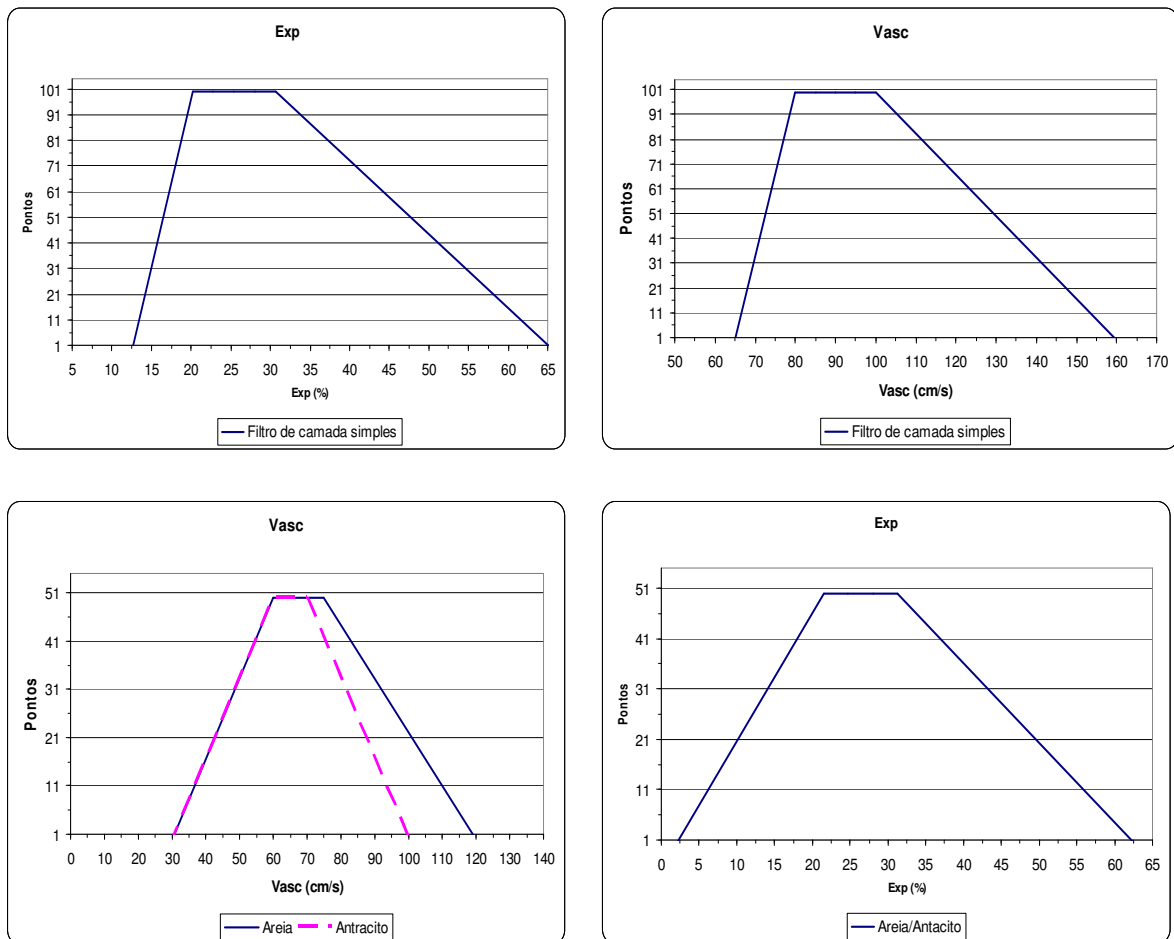


Figura 5-12 – Critério de pontuação para Vasc/Exp

A Figura 5-12 apresenta o critério de pontuação para a velocidade ascensional e expansão do leito filtrante. No entanto apenas um dos dois deve ser utilizado. Quando a estação tiver dados referentes a expansão do leito este deve ser prioritariamente utilizado, caso contrário, deve-se utilizar o para a Vasc.

A lavagem em contracorrente sozinha nem sempre é capaz de limpar adequadamente os filtros, sendo necessário a utilização de um sistema de limpeza auxiliar. A ABNT (1992) recomenda que a lavagem de filtro de fluxo descendente deve ser complementada por

agitação complementar do material filtrante. Segundo Kawamura (1991) a lavagem em contracorrente, na ausência de sistema auxiliar, não é capaz de manter o leito filtrante adequadamente limpo, a não ser quando dosagens muito baixas de sulfato de alumínio são utilizadas sem o uso de polímeros como auxiliar de coagulação.

Um sistema muito utilizado é a lavagem auxiliar com água. Esta tem a finalidade de promover uma agitação no topo do leito filtrante, onde uma maior acumulação de flocos é esperada. A alta pressão com que a água atinge o leito provoca um aumento da turbulência sem causar um aumento na velocidade ascensional. Quando são utilizados filtros com dupla camada, a maior concentração de flocos ocorre na interface entre estas duas camadas. Nestes casos é mais eficiente que o sistema de lavagem subsuperficial seja instalado entre estas camadas de forma que uma maior turbulência seja aplicada na interface.

A lavagem auxiliar com ar também é amplamente utilizado. O ar é introduzido por um sistema de *manifold* localizado sob os drenos do filtro. As bolhas de ar ascendentes aumentam a turbulência através do leito e, por isso este é um sistema recomendado para filtros trabalhando com uma espessura do leito mais extensa.

Os parâmetros lavagem auxiliar com água (Lag) e o lavagem auxiliar com ar (Lar) foram agrupados em um único parâmetro (Laux), já que se uma estação possui um sistema auxiliar de lavagem com ar não deve perder pontos por não possuir um sistema auxiliar de lavagem com água. O critério de pontuação para o parâmetro Laux encontra-se na Tabela 5-15 e foi desenvolvido conforme a maior ou menor importância do sistema auxiliar de lavagem para cada tipo de filtro.

Tabela 5-15 – Critério de pontuação desenvolvido para o parâmetro Laux

Tipo de filtro	Sistema de lavagem auxiliar	Pontos
Filtro de camada simples	Sem sistema auxiliar de lavagem	1
	Lavagem auxiliar com água manual, por meio de jato d'água	30
	Lavagem auxiliar com água realizada hidraulicamente na camada superficial	80
	Lavagem auxiliar com ar mediante a introdução de ar comprimido a partir do fundo	100
Filtro de camada dupla	Sem sistema auxiliar de lavagem	1
	Lavagem auxiliar com água manual, por meio de jato d'água	1
	Lavagem auxiliar com água realizada hidraulicamente na camada superficial	5
	Lavagem auxiliar com água realizada hidraulicamente na camada subsuperficial	80
	Lavagem auxiliar com ar mediante a introdução de ar comprimido a partir do fundo	100

O tempo de operação do filtro entre duas lavagens é denominado carreira de filtração. Segundo a AWWA (1991) o valor típico de para carreira de filtração varia de 12 a 96 horas, embora algumas estações operam com ciclos maiores. No entanto a fixação de um valor limite para a carreira de filtração é importante devido às preocupações acerca do crescimento bacteriano no filtro e da compactação de sólidos acumulados.

A duração da carreira depende da taxa de filtração, pois com um incremento desta, a perda de carga e a velocidade de acumulação de partículas no leito aumentam provocando uma diminuição na carreira. No entanto esta diminuição não possui muito significado já que se a produção de água filtrada, com a qualidade desejada, aumenta com o aumento da taxa de filtração, a diminuição da carreira torna-se irrelevante. Baseando-se nesta idéia o critério de pontuação para o parâmetro duração da carreira de filtração (Dcarr) foi elaborado. Para a construção da Figura 5-13 variou-se o volume de água produzido por unidade filtrante por

carreira e o volume de água utilizado para a lavagem do filtro. O desenvolvimento do critério de pontuação para Dcarr seguiu a Equação 5-22 proposta por AWWA (1999) para cálculo da eficiência de produção. Os cálculos referentes a esta figura encontram-se no Apêndice IX.

Equação 5-22

$$\text{Pontos} = \text{Eficiência da prod.} = \left(1 - \frac{\text{Vol. Lavagem}}{\text{Vol. Produzido Carreira}} \right) \cdot 100$$

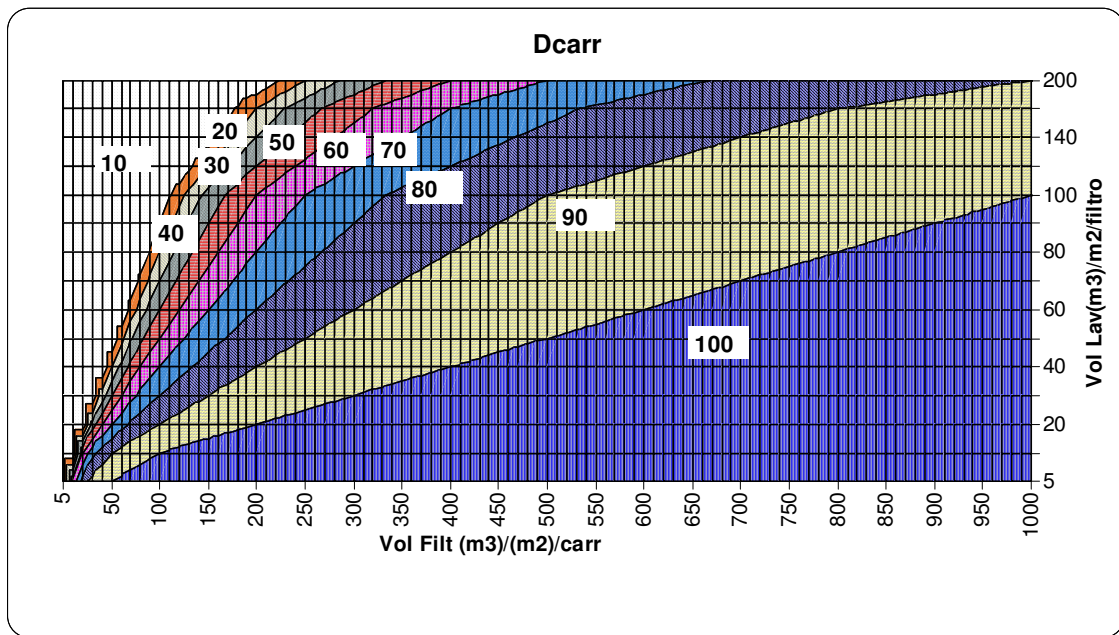


Figura 5-13 – Critério de pontuação desenvolvido para o parâmetro Dcarr

5.2.5 Grupo Desinfecção

A desinfecção tem a finalidade de inativar ou destruir os organismos patogênicos que passaram através dos processos e operações anteriores. Sua relevância se torna maior devido ao fato de constituir a barreira final no processo de potabilização das águas. Esta pode ocorrer por meio de um ou mais mecanismos. Sendo estes a destruição da estrutura celular dos microorganismos por meio da oxidação ou ruptura da parede celular e desintegração das células, interferência no metabolismo com inativação de enzimas e interferência na biossíntese e no crescimento celular evitando a síntese de proteínas, ácidos nucleicos e coenzimas; sendo os dois últimos mecanismos devido à difusão do agente oxidante no interior das células.

A eficiência da desinfecção depende de diversos fatores. Um determinado tipo de desinfetante pode apresentar maior ou menor poder oxidante, bem como maior ou menor capacidade de difusão nas células. A concentração e o tempo de contato são proporcionais aos organismos inativados. Determinados tipos de organismos apresentam estrutura celular mais resistente à difusão do desinfetante. A dosagem é diretamente proporcional ao poder desinfetante.

Também a qualidade da água pode influenciar a desinfecção: (i) as partículas causadoras de turbidez podem abrigar os microorganismos protegendo-os da ação desinfetante; (ii) os compostos orgânicos podem aderir a superfície das células protegendo os microorganismos, assim como, reagir com o desinfetante formando compostos de menor ou sem nenhum poder germicida; (iii) os compostos inorgânicos exercem uma demanda de oxidante; (iv) o pH afeta o equilíbrio químico e (v) a temperatura a velocidade de reação.

A legislação norte americana, por meio da SWTR (Surface Water Treatment Rule), exige um mínimo de 3 log – 99,9 % – de inativação/remoção de cistos de *Giardia lamblia* e pelo menos 4 log – 99,99 % – de inativação/remoção de vírus (USEPA, 1992a). No entanto maior grau de eficiência pode ser exigido dependendo da vulnerabilidade do manancial à contaminação. De acordo com USEPA (1991), sistemas que recebem descargas de esgoto e/ou águas provenientes de escoamento superficial de regiões agrícolas, devem prover uma remoção/inativação de 5 log de cistos de *Giardia lamblia* e 6 log de vírus.

Com a finalidade de assegurar o alcance dos níveis de desinfecção exigidos a USEPA (US Environmental Protection Agency) elaborou uma ferramenta baseada no produto da concentração residual de desinfetante (C) pelo tempo de contato (T) para predizer, fornecendo uma orientação para as estações, quanto CT é necessário alcançar o nível de inativação desejado.

O desenvolvimento desta ferramenta partiu da tentativa de encontrar uma equação que relacionasse a inativação de cistos de *Giardia* pelo cloro com fatores como pH, temperatura e concentração de cloro. Para isto partiu-se da relação empírica obtida por Watson, a qual inclui as mudanças na concentração de desinfetante, a partir do modelo de Chick. Este modelo é representado pela Equação 5-23 sendo denominado modelo de Chick-Watson.

Equação 5-23

$$\ln\left(\frac{N_t}{N_o}\right) = r \cdot C^n \cdot t \quad \text{ou} \quad (1/n) \cdot \ln\left(\frac{N_t}{N_o}\right) = C^n \cdot t$$

N_t = Número de organismos presentes no tempo t ;

N_o = Número de organismos presentes no tempo 0;

T = tempo de contato em minutos;

C = Concentração de desinfetante;

r = Coeficiente de diluição.

Para um determinado nível de sobrevivência como por exemplo $N_t/N_o = 0,001$ (3 log de remoção) o lado esquerdo da Equação 5-23 foi representado pela constante K conforme Equação 5-24. Desta observa-se que o valor de K é dependente do grau de inativação.

Equação 5-24

$$K = C^n \cdot t$$

Reformulando-se a Equação 5-24 obteve-se a Equação 5-25:

Equação 5-25

$$C \cdot T = C^{-(n-1)} \cdot K \quad \text{na qual:}$$

$$K = f(\text{pH, temp, I})$$

I = razão entre os organismos no tempo t e os organismos no tempo 0 (N_t/N_o);

temp = temperatura na qual o experimento foi conduzido em °C;

pH = pH no qual o experimento foi conduzido;

Então a Equação 5-25 pode ser escrita da forma que foi utilizada para cálculo dos valores de CT , Equação 5-26.

Equação 5-26

$CT = R \cdot I^a \cdot C^b \cdot pH^c \cdot temp^d$ na qual:

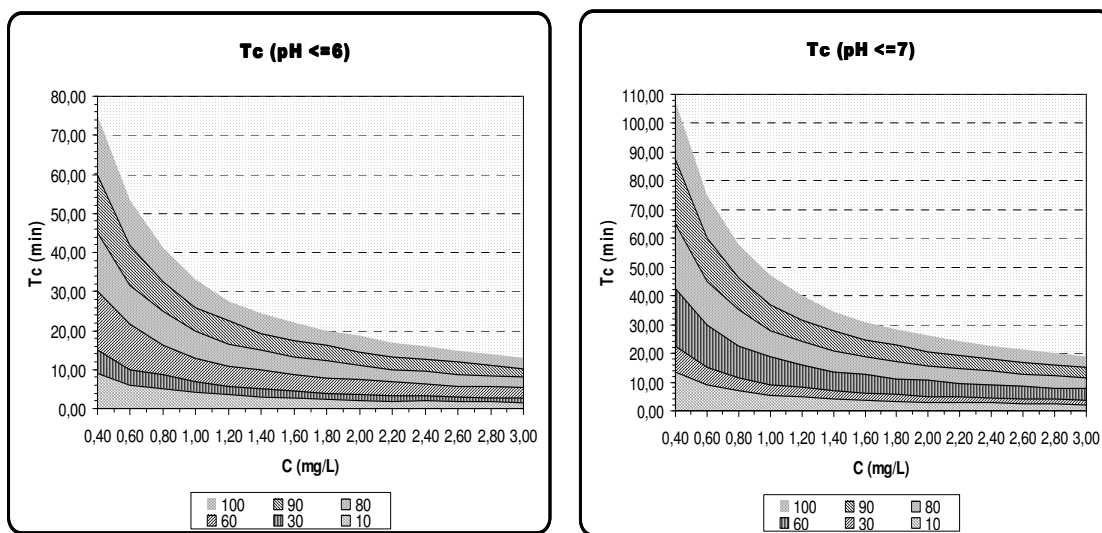
R, a, b, c e d = coeficientes a serem determinados.

A estimativa dos valores dos coeficientes da Equação 5-26 foi realizada por meio de análise estatística dos dados de estudos de Jarrol *et al* (1981), Hibler *et al* (1987), Rice *et al* (1982) e Rubin *et al* (1988) *apud* USEPA (1991), uma vez que nenhum dos experimentos era capaz de, individualmente, produzir os dados necessários ao estudo. Foram testados, por meio de modelos de regressão múltipla, diversas combinações dos dados destes 4 experimentos com a intenção de encontrar o mais consistente para a estimação dos parâmetros. Os dados provenientes de Hibler *et al* (1987) foram incluídos em todas as combinações, uma vez que estes formam o maior conjunto de dados, já que foram obtidos por técnicas *in vivo* - avaliando a infecciosidade de cistos, primeiramente expostos a uma dada concentração de cloro em determinadas condições de temperatura e pH, em roedores. Os demais conjuntos são constituídos de dados isolados obtidos a partir de técnicas *in vitro*. Da análise estatística concluiu-se que apenas os estudos de Jarrol *et al* (1981) eram compatíveis com os de Hibler *et al* (1987), sendo então estes dois os utilizados para o cálculo dos valores do produto CT. Devido à possibilidade da existência de erros experimentais nas medidas dos valores utilizados, adotou-se uma estratégia conservadora para o cálculo dos valores de CT. Estes foram determinados pela aplicação da Equação 5-26 com um intervalo superior de 99 por cento para inativação variando de 0,5 log até 3 log nas temperaturas de 0,5 e 5°C. Os valores para as temperaturas acima de 5°C foram estimadas assumindo uma redução à metade, do valor obtido para 5°C, para um aumento de 10°C (USEPA,1991). É importante notar que os valores de CT requeridos para a inativação de cistos de *Giardia* decrescem com o aumento do pH de 7 para 9, pois para um aumento de pH a fração de cloro livre existente como oxidante fraco (OCl^-) aumenta. Segundo Di Bernardo (1993b) , para pH igual a 8, há aproximadamente 22% de $HOCl$ (ácido hipocloroso) e 78% de OCl^- (íon hipoclorito), sendo que este último menos eficiente na inativação de microorganismos em geral.

O critério de pontuação para o tempo de contato, Figura 5-14, foi desenvolvido baseando-se nos dados CT tabelados pela USEPA com o método já explicado anteriormente. Primeiramente selecionou-se todos os dados referentes à temperatura de 20°C, devido ao fato das temperaturas das águas da região Sudeste serem, na maior parte do ano, desta magnitude.

Aos dados referentes a 2,5 log de inativação foram atribuídos 100 pontos. Esta pontuação baseou-se na premissa de que estações de tratamento convencionais bem operadas são capazes de remover pelo menos 2,5 log de cistos de *Giardia* e 2,0 log de vírus (USEPA,1991). Com isso para que a recomendação de remoção de 5 log, para sistemas vulneráveis a contaminação, seja atendida, o processo de desinfecção deve remover/inativar 2,5 log de cistos.

Aos dados referentes à remoção de 2,0 log foram atribuídos 90 pontos, pois o tratamento convencional até a filtração pode apresentar remoção superior a 2,5 log e, para sistemas não vulneráveis a poluição, uma eficiência de 4 log é suficiente. Para a remoção de 1,5 log foram atribuídos 80 pontos; para 1,0 log, 60 pontos; para 0,5 log, 30 pontos e para 60% do CT estabelecido para 0,5 log, 10 pontos. Os valores que caírem em uma região externa ao gráfico receberão 1 ponto. As tabelas utilizadas para a construção dos gráficos da Figura 5-14 estão no Apêndice X.



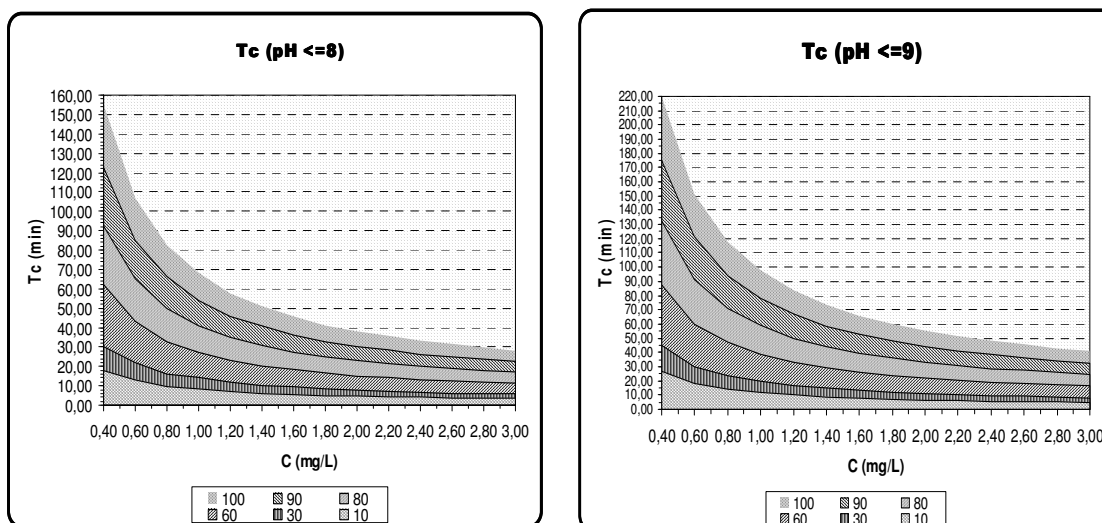


Figura 5-14 – Critério de pontuação desenvolvido para Tc

O critério de pontuação para o parâmetro Nch foi desenvolvido de forma a punir tanques sem chicanas ou qualquer artifício para garantir uma distribuição uniforme do fluxo na seção, diminuindo curtos-circuitos e permitindo que o tempo de detenção real se aproxime do teórico. As estações sem tanque de contato cuja cloração é realizada em canais ou tubulações de entrada foram pontuadas com 100 pontos já que nestes casos o fluxo nas tubulações se aproxima do modelo de fluxo em pistão e por isso o tempo de contato real é praticamente igual ao teórico.

Tabela 5-16 – Critério de pontuação desenvolvido para Nch

Descrição do tanque de contato	Pontos
Sem tanque de contato – cloração realizada nas tubulações ou na entrada da ETA	100
Tanques com mais de uma câmara e boa distribuição da água na entrada da câmara	100
Tanques com mais de uma câmara	80
Tanques com uma única câmara e boa distribuição da água na entrada	50
Tanques com uma única câmara sem qualquer estrutura para garantir uma boa distribuição da água na seção do tanque	20

5.2.6 Grupo Fatores Operacionais

Foram incluídos neste grupo os parâmetro grau de instrução da equipe de operação da ETA (GI) e realização de ensaios de “Jar Test” (Jtest).

A produção continuada de água com qualidade satisfatória depende, em grande parte, dos conhecimentos e empenho da equipe de operação da ETA. Conhecimentos acerca do uso do coagulante e auxiliar químico correto, assuntos relacionados aos pontos de aplicação e a conceitos de filtração devem também ser dominados. Além dos conhecimentos básicos, a equipe de operação deve ser persistente na busca por atingir a melhor qualidade da água possível diante da infra-estrutura existente e deve possuir confiança suficiente para efetivar as alterações julgadas necessárias.

O conhecimento é um fator difícil de ser avaliado, uma vez que o simples fato de uma equipe ter um grau de instrução superior ao de outra não significa, necessariamente, maior conhecimento. Qualidades como persistência e comprometimento são essenciais à atualização e aplicação dos conhecimentos adquiridos. No entanto a idéia do IQETA é avaliar e hierarquizar as estações por meio de informações que sejam de fácil obtenção e que indiquem os possíveis pontos frágeis do tratamento existente. Não é objetivo deste trabalho que visitas, entrevistas ou exames de certificação sejam necessários para o cálculo deste índice. Diante disso o grau de instrução foi utilizado como um indicativo, de fácil obtenção, do interesse da administração em valorizar o conhecimento e em incentivar o aprimoramento da equipe. A pontuação para este parâmetro é apresentada na Tabela 5-17. Um ponto a ser esclarecido diz respeito a definição dos membros da equipe de operação. Para efeito desta pontuação é considerado membro da equipe de operação, não necessariamente somente os operadores, mas qualquer funcionário com conhecimento sobre o processo de tratamento da ETA e com poderes para interferir neste realizando modificações visando à melhoria da qualidade da água produzida.

Tabela 5-17 – Critério de pontuação desenvolvido para GI

Maior grau de instrução de qualquer um dos membros responsáveis pela operação da ETA.	Pontos
Superior em cursos da área de ciências exatas.	100
Técnico em cursos da área de	80

ciências exatas.	
Superior em outras áreas ou 2º Grau completo	50
1º Grau completo	10
1º Grau incompleto	1

O ultimo critério de pontuação a ser apresentado refere-se ao parâmetro Jtest. Levando-se em consideração o fato da estação realizá-lo ou não para aferir a dosagem de coagulante. Sendo difícil estabelecimento de critérios para avaliar a qualidade do teste realizado optou-se por uma forma binária de pontuação apresentada na

Tabela 5-18 – Critério de pontuação desenvolvido para Jtest

Realiza ensaio de <i>Jar Test</i> para aferir a dosagem	Pontos
Sim	100
Não	1

5.3 Aplicação do IQETA

Por fim, com os pesos e os critérios de pontuação definidos, a última etapa desta pesquisa apresenta uma aplicação do IQETA nas formas de produtório e somatório a 10 estações de tratamento de água localizadas nos estados de Minas Gerais e São Paulo cujas principais características encontram-se no Apêndice XI. As estações não foram identificadas uma vez que o objetivo deste trabalho é somente discutir a aplicabilidade do índice desenvolvido e, não, emitir qualquer opinião acerca do desempenho das estações as quais prontamente cederam seus dados de operação permitindo a realização do trabalho. Como o período de dados, referentes às estações, que foram cedidos variaram de 6 meses a um ano não foi possível utilizar o período de um ano para a avaliação das estações, por isto foram considerados 3 meses para o período chuvoso e 3 meses para o período seco. Sempre que possível, os dados referentes aos meses de janeiro, fevereiro e março foram considerados para o período chuvoso e os de junho, julho e agosto para o período seco. No entanto nem todas as estações forneceram os dados referentes a estes e, para estas, foram considerados outros meses para cada período. O detalhamento dos meses considerados para cada ETA consta da Tabela 9-34 do Apêndice XII. Um último esclarecimento acerca da nomenclatura dada as estações diz respeito a ETA IX dividida em A e B. Como possuíam-se alguns dados antigos desta estação

recentemente reformada, esta foi avaliada antes e depois da reforma, *A* refere-se a como a estação era antes da reforma e *B* a como a estação é atualmente.

Um dos pontos a serem decididos neste capítulo é escolha da equação para o cálculo do índice – produtivo ou somatório. Para melhor visualizar as diferenças entre os índices calculados de uma ou outra maneira foi plotado o gráfico da Figura 5-15. Nestes pode-se observar a variação do IQETA para o período de coleta de dados de cada ETA. A dispersão entre os índices calculados com a equação do somatório e do produtivo manteve-se praticamente constante para quase todas as estações avaliadas. Uma exceção foi a ETA IX.B para a qual o índice calculado com o produtivo apresentou dispersão maior em relação ao índice calculado com o somatório. Acredita-se que este fato se deva à existência de parâmetros para os quais um pequeno aumento da vazão causou uma mudança de faixa de pontuação, já que estes se encontram nos limites de alguma faixa.

Outro ponto importante refere-se ao valor da mediana para o IQETA calculado com as duas equações. Observa-se que as medianas obtidas com o produtivo são, em muitos casos - como nos das ETA III, ETA IV, ETA VII e ETA IX.A -, bastante inferiores às obtidas com a equação do somatório. O motivo desta variação pode ser o fato de que uma ETA apresentando pontuação ruim para um parâmetro, por exemplo, terá sua nota final afetada mais significativamente quando for utilizada a equação do produtivo uma vez que esta é mais sensível a variações. Já as estações portadoras de pontuações mais ou menos equivalentes para todos os parâmetros mantiveram seus índices aproximadamente constantes independente da equação utilizada para o cálculo – como nas ETA II e ETA V. A grande questão, cuja resposta pretende-se alcançar por meio de análises realizadas nas próximas páginas, e, com a qual se tenciona justificar a escolha pela forma de cálculo é: será que apenas um parâmetro com pontuação ruim causa um impacto significativo no desempenho global da ETA capaz de justificar a opção pelo produtivo?

No Apêndice XIII são apresentadas séries temporais para os valores do IQETA calculados e, no Apêndice XII, tabelas com os valores máximo, médio e mínimo para as vazões caso o leitor necessite de informações mais detalhadas.

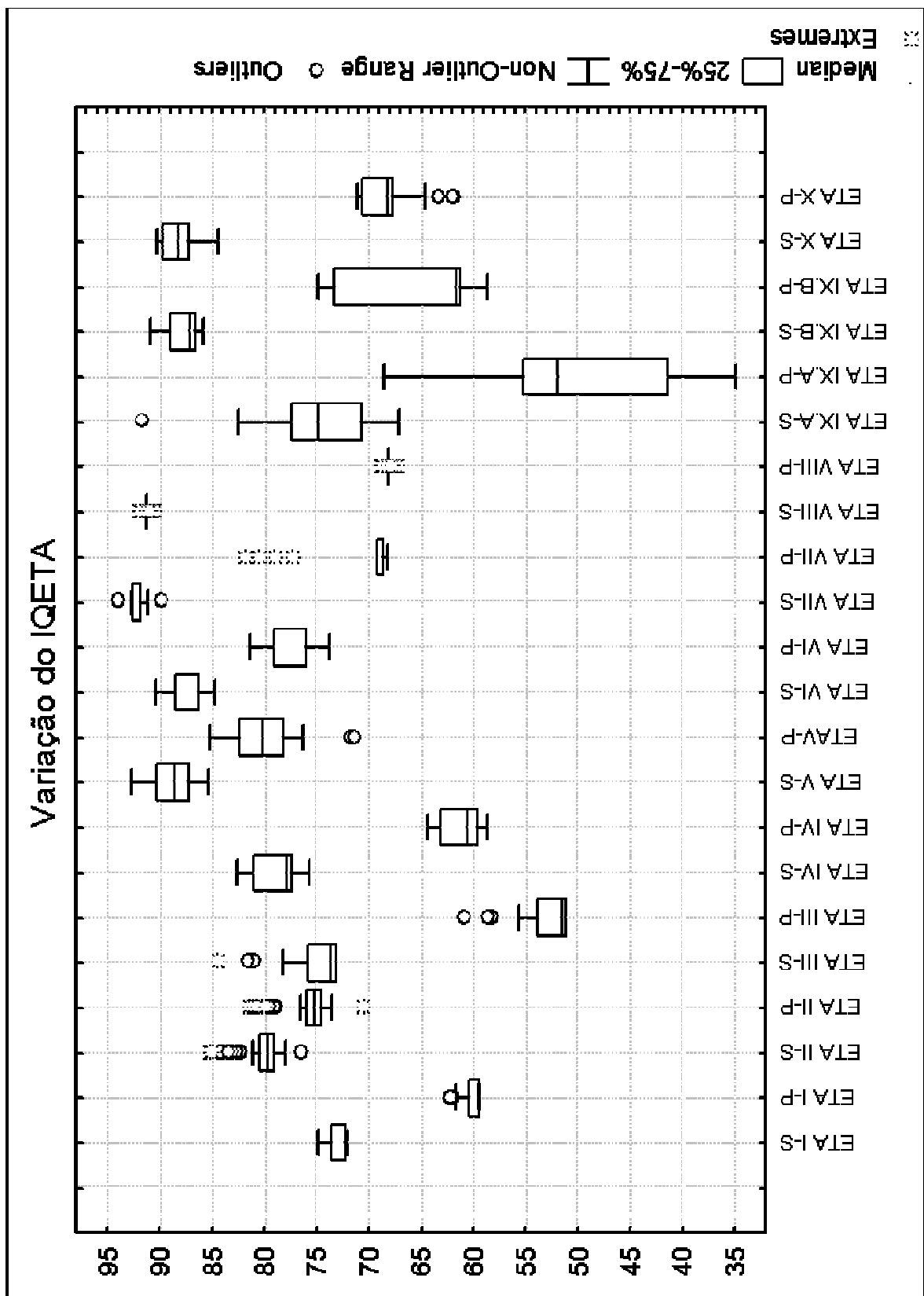


Figura 5-15 – Variação do IQETA para todo o período de coleta de dados

Para avaliar a aplicabilidade do índice, os valores deste foram comparados com os valores da turbidez da água filtrada. Esta comparação se deu por meio da realização de gráficos de dispersão e cálculo de correlação entre o IQETA, na forma de somatório e produtivo, e porcentagem de valores médios diários da turbidez da água filtrada que se encontravam abaixo de 0,5 uT e 0,3 uT. Também foram elaborados gráficos comparando os índices com o valor abaixo do qual estão 95% dos valores da turbidez da água filtrada. E, para a confirmação da correlação encontrada foi realizado um último gráfico plotando-se o valor médio diário da turbidez contra o IQETA médio diário. Todos os gráficos, com a exceção destes últimos, foram divididos em período seco e período chuvoso.

A correlação foi utilizada para medir o grau de associação entre a porcentagem de turbidez abaixo de um valor preestabelecido e o índice. A turbidez foi escolhida como balizador para a aplicabilidade do índice por, além de ser um indicador da eficiência do tratamento, praticamente todas as estações possuem dados para este parâmetro. Os diagramas de dispersão foram realizados para uma melhor visualização da correspondência entre as variáveis.

Os gráficos das figuras 5-16 e 5-17 demonstram, respectivamente para o período chuvoso e seco, a correlação existente entre a mediana do IQETA, calculado com a equação do somatório, e, a porcentagem de valores médios diários para a turbidez da água filtrada iguais ou menores a 0,3 uT. A correlação linear (r), sempre que for utilizado o termo correlação linear refere-se ao r de Pearson (HELSEL & HIRSCH, 2002), obtida para o período chuvoso foi de aproximadamente 0,60 e de 0,33 para o período seco. Já o coeficiente de determinação (r^2), que traduz o quanto da variação do IQETA somatório pode explicar a variação da porcentagem de valores de turbidez atendendo a meta especificada, foi de 0,36 para o período chuvoso e de 0,11 para o período seco. Esta diferença entre ambos os períodos já era esperada uma vez que no período seco as estações atendem com mais facilidade às metas estabelecidas, e, no período chuvoso o cumprimento destas torna-se mais dependente de um bom dimensionamento e operação do processo de tratamento.

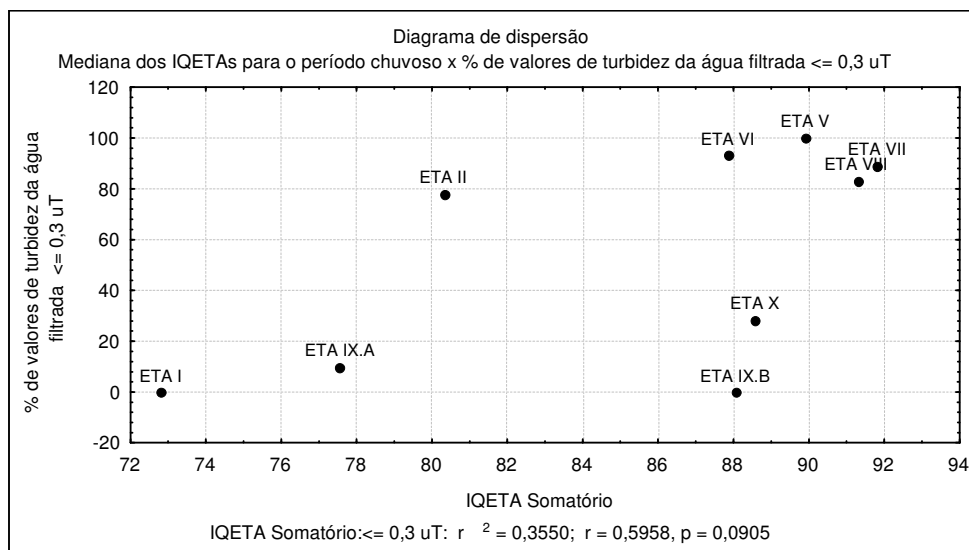


Figura 5-16 – Correlação entre o IQETA somatório e a turbidez da água filtrada – P. chuvoso

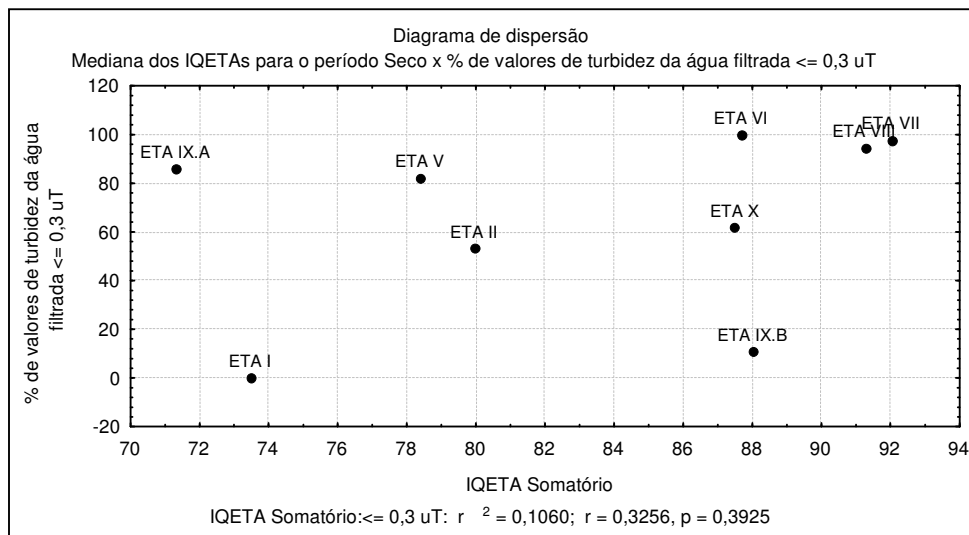


Figura 5-17 – Correlação entre o IQETA somatório e a turbidez da água filtrada – P. seco

As figuras 5-18, 5-19, 5-20 e 5-21 foram elaboradas para a confirmação da correlação obtida no caso anterior. Destas pode-se observar um coeficiente de determinação (r^2) igual a 0,65 e 0,22, respectivamente para os períodos chuvoso e seco, quando o IQETA foi relacionado com a porcentagem de valores abaixo ou igual 0,5 uT, e, de 0,41 e 0,25 quando relacionado com o valor abaixo do qual estão 95% dos dados. Um outro dado a ser observado nos gráficos é o valor de p (probabilidade de que não exista correlação entre as variáveis e que o valor de r não seja verdadeiro ou nível de significância). A Figuras 5-19 e 5-21 possuem altos valores de p, permitindo inferir que não houve correlação linear entre o IQETA somatório e o cumprimento das metas dos níveis de turbidez estabelecidos nestas figuras, referentes ao período seco.

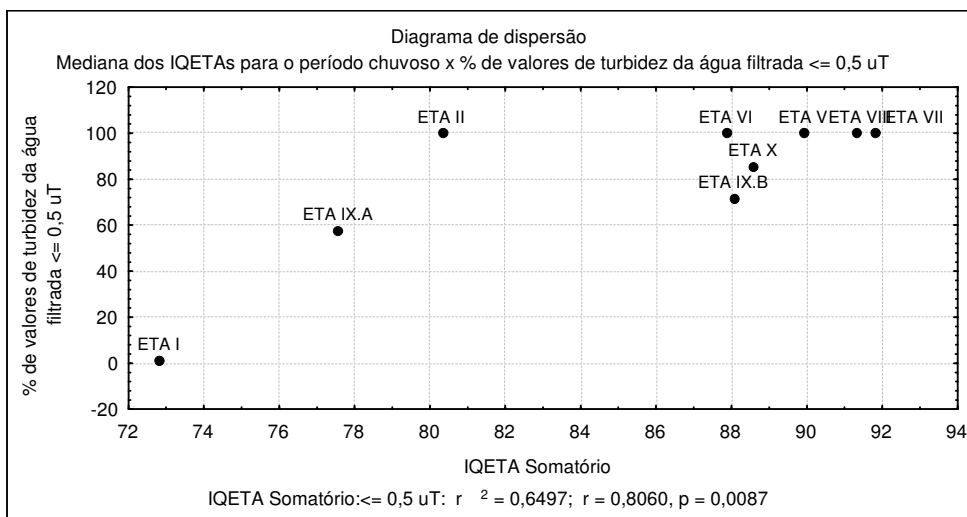


Figura 5-18 – Correlação entre o IQETA somatório e a turbidez da água filtrada – P. chuvoso

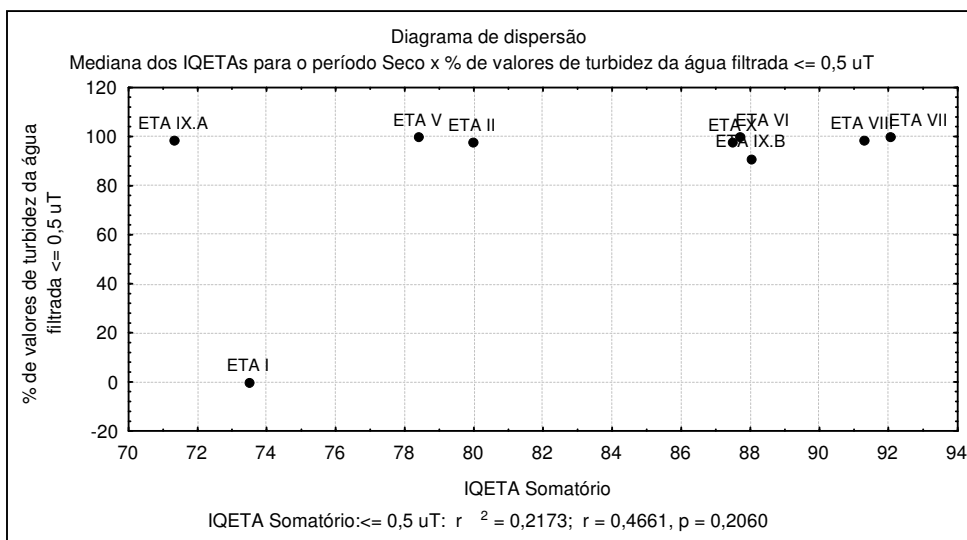


Figura 5-19 – Correlação entre o IQETA somatório e a turbidez da água filtrada – P. seco

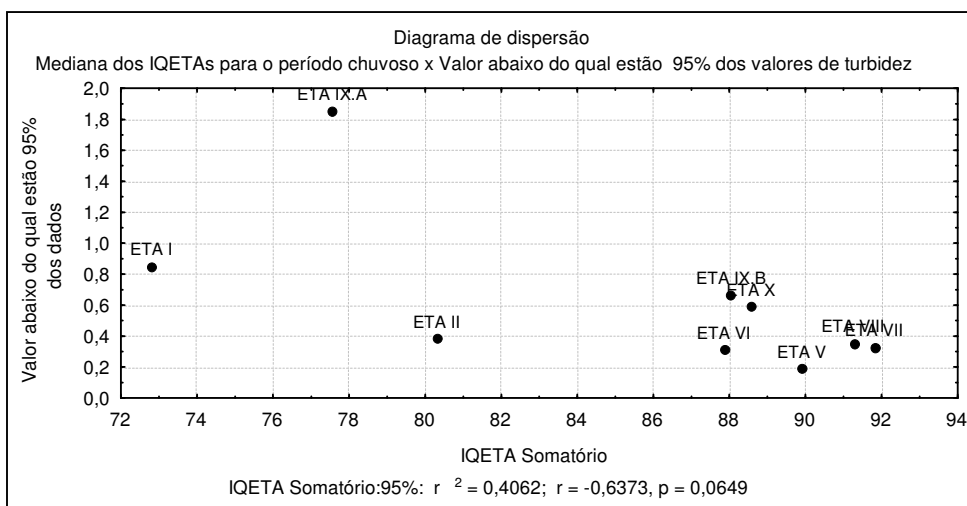


Figura 5-20 – Correlação entre o IQETA somatório e a turbidez da água filtrada – P. chuvoso

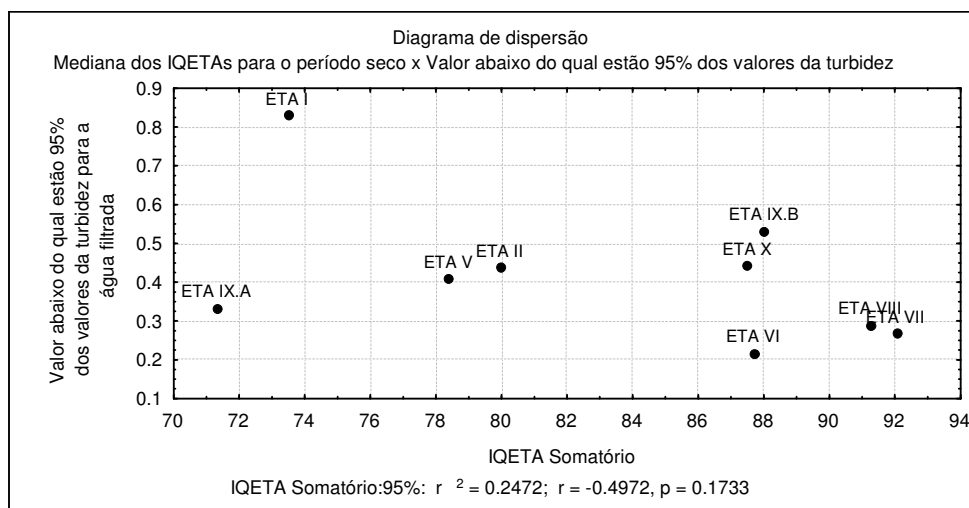


Figura 5-21 – Correlação entre o IQETA somatório e a turbidez da água filtrada – P. seco

As próximas figuras – 5-22, 5-23, 5-24, 5-25, 5-26 e 5-27– demonstram a correlação entre o IQETA produtivo e as metas estabelecidas para o valor de turbidez – porcentagem de valores da turbidez da água filtrada abaixo ou igual a 0,5 e 0,3 uT e valor abaixo do qual estão 95% dos dados. Nestas percebe-se uma melhora para os dados referentes ao período chuvoso e uma piora para os dados referentes ao período seco, com valores de p superiores a 50 % o que leva a rejeição da existência de correlação entre os IQETA produtivo e o cumprimento das metas estabelecidas para o período seco.

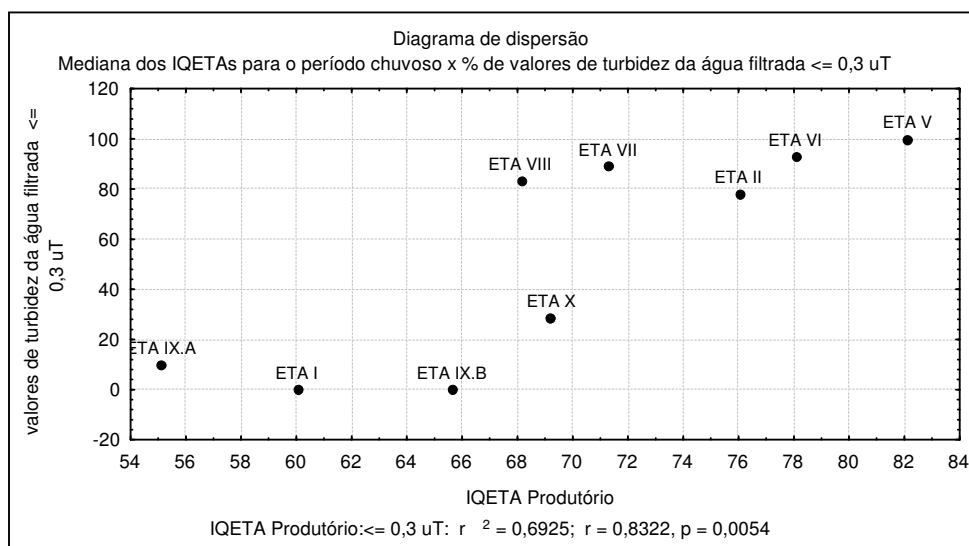


Figura 5-22 – Correlação entre o IQETA produtivo e a turbidez da água filtrada – P. chuvoso

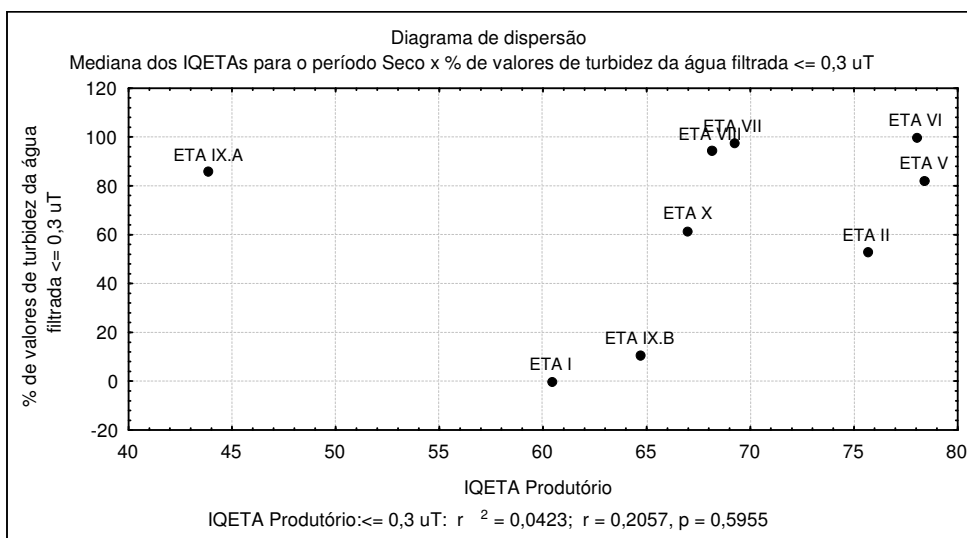


Figura 5-23 – Correlação entre o IQETA produtório e a turbidez da água filtrada – P. seco

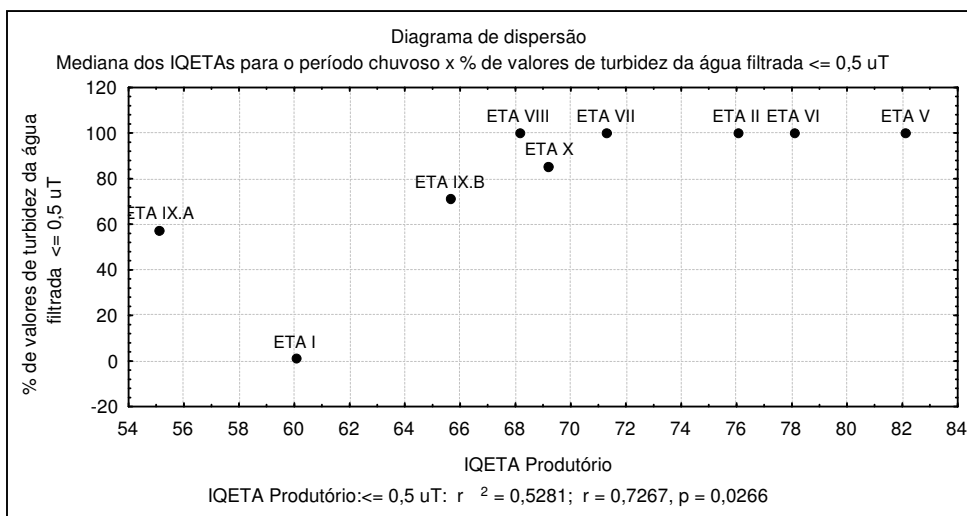


Figura 5-24 – Correlação entre o IQETA produtório e a turbidez da água filtrada – P. chuvoso

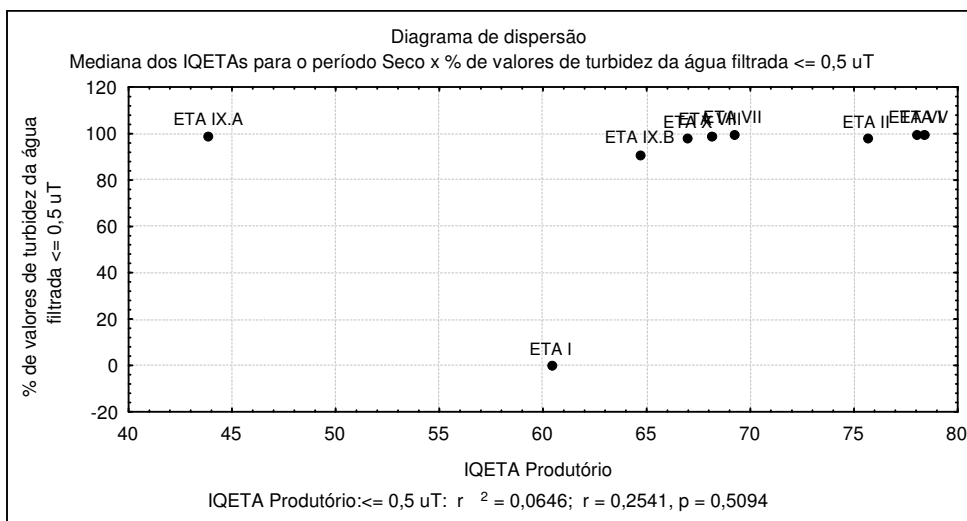


Figura 5-25 – Correlação entre o IQETA produtório e a turbidez da água filtrada – P. seco

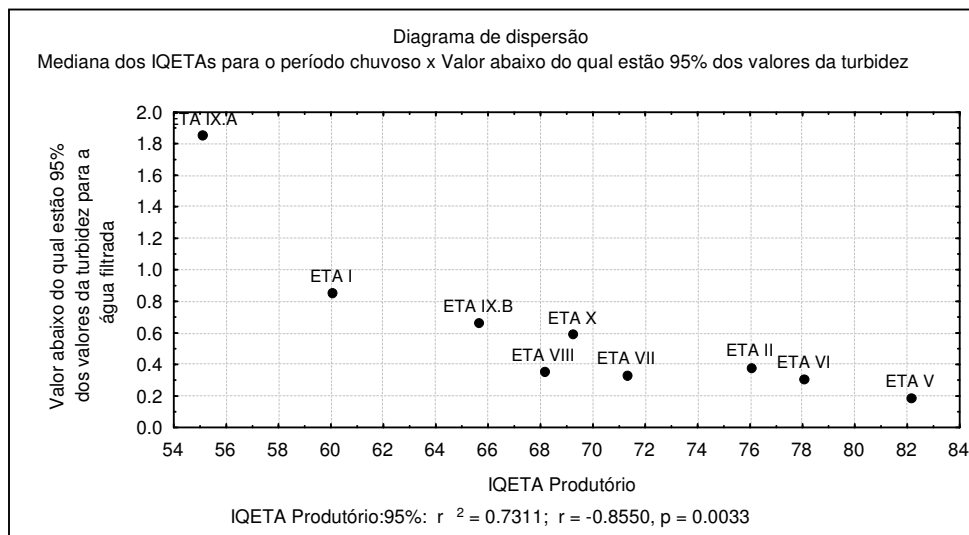


Figura 5-26 – Correlação entre o IQETA produtório e a turbidez da água filtrada – P. chuvoso

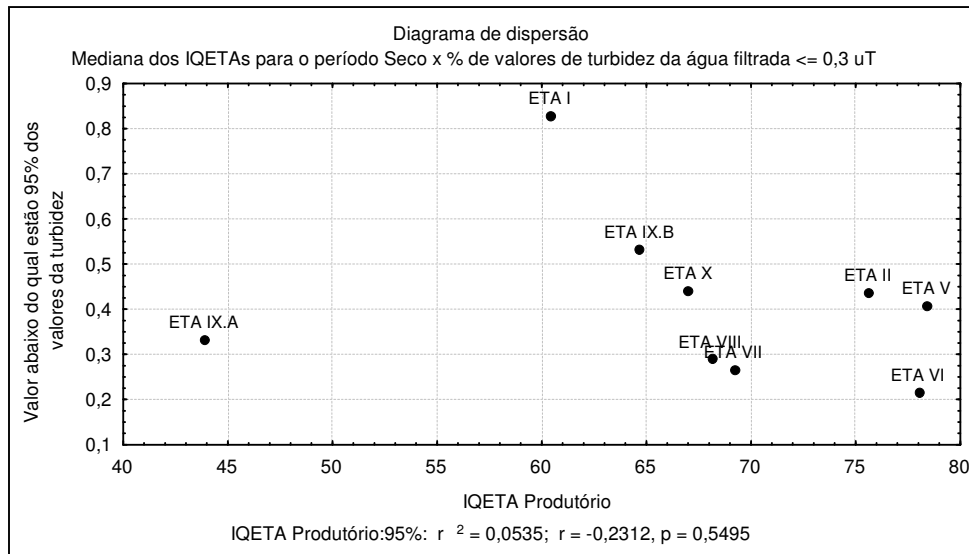


Figura 5-27 – Correlação entre o IQETA produtório e a turbidez da água filtrada – P. seco

Para uma melhor comparação dos valores obtidos até o momento, estes foram organizados na Tabela 5-19. Nesta também foi incluída a correlação do IQETA com os percentuais abaixo de 0,7 uT. Pode-se observar, para o período chuvoso, que o IQETA produtório apresentou resultados mais significantes quando comparado com a porcentagem de valores de turbidez da água filtrada menores ou iguais a 0,1 e a 0,3 uT e com o valor abaixo do qual estão 95% dos dados. Já o IQETA somatório apresentou valores com maior significância quando comparado com porcentagem dos valores menores ou iguais a 0,5 e a 0,7 uT. No período seco, os valores do IQETA correlacionaram-se com as porcentagens com altos valores de p, o que leva a rejeitar a existência de correlação entre estas variáveis. No entanto enfatiza-se a existência de melhores resultados para o somatório. Dos dados apresentados na Tabela 5-19 pode-se

concluir um melhor desempenho do IQETA produtivo quando as exigências em termos de turbidez foram mais restritivas e um melhor desempenho do IQETA somatório quando as exigências foram mais brandas. Os valores utilizados para calcular as correlações apresentadas nesta tabela, bem como para a elaboração dos diagramas de dispersão apresentados até o momento estão presentes na Tabela 9-36 e Tabela 9-37 do Apêndice XII.

Tabela 5-19 – Coeficientes de relação linear (r)

		Percentuais de valores de turbidez abaixo do limite estabelecido									
		Período Chuvoso					Período Seco				
		<= 0,1 uT	<=0,3 uT	<= 0,5 uT	<=0,7 uT	95%	<= 0,1 uT	<=0,3 uT	<= 0,5 uT	<=0,7 uT	95%
IQETA Somatório	r	0,37	0,55	0,80	0,85	-0,62	-0,05	0,33	0,47	0,48	-0,50
	r ²	0,14	0,30	0,63	0,73	0,38	0,00	0,11	0,22	0,23	0,25
	p	0,37	0,16	0,02	0,01	0,10	0,90	0,39	0,21	0,20	0,17
IQETA Produtivo	r	0,56	0,85	0,73	0,69	-0,86	0,38	0,21	0,25	0,24	-0,23
	r ²	0,31	0,73	0,53	0,48	0,74	0,14	0,04	0,06	0,06	0,05
	p	0,15	0,01	0,04	0,06	0,01	0,31	0,60	0,51	0,53	0,55

Como o r mede somente a correlação linear entre as variáveis decidiu-se por calcular também o coeficiente de correlação denominado Tau de Kendall (τ), Tabela 5-20. Este coeficiente mede também a correlação não-linear existente entre duas variáveis além de ser mais resistente aos *outliers*. Geralmente os valores de τ tendem a ser inferiores aos de r para associações lineares de mesma magnitude. O que não significa que é menos sensível mas apenas a existência de escalas diferentes para ambos os coeficientes (HELSEL & HIRSCH). A opção pelo τ em detrimento de outros coeficientes, medindo também a correlação não-linear, efetuou-se devido à utilização deste ser recomendada para pequenas amostras com número de valores inferiores ou iguais a 10 – caso no qual se encontra este trabalho. Os valores presentes na Tabela 5-20 demonstram melhor correlação para o IQETA produtivo para o período chuvoso e também para o período seco. Sendo que no caso do período seco apresentou inclusive correlação com melhores níveis de significância.

Tabela 5-20 – Cálculo do τ de Kendall

	P. Chuvoso		P. Seco	
	Kendall τ	P	Kendall τ	p
IQETA S & <= 0,3 uT	0,59	0,02	0,21	0,31
IQETA S & <= 0,5 uT	0,48	0,06	0,28	0,18
IQETA S & 95%	-0,50	0,04	-0,22	0,24
IQETA P & <= 0,3 uT	0,72	0,01	0,57	0,02
IQETA P & <= 0,5 uT	0,70	0,01	0,39	0,09
IQETA P & 95%	-0,83	p < .001	-0,44	0,06

Os próximos gráficos, figuras 5-28 e 5-29, foram elaborados para verificar se o estabelecimento de metas para os valores de turbidez não estavam induzindo a uma correlação entre esta e o índice. Nestes gráficos os valores diários do IQETA encontram-se no eixo das abscissas enquanto os valores médios diários para a turbidez da água filtrada encontram-se nas ordenadas. Os pontos são referentes a 6 meses de dados, os já citados 3 meses chuvosos e 3 meses secos. Dos já mencionados gráficos, bem como da Tabela 5-21, observa-se que há uma correlação do IQETA com a turbidez da água filtrada, ligeiramente maior para o somatório no caso de correlação linear indicada por r e ligeiramente maior para o produto quando se considera também a correlação não linear.

. Tabela 5-21 – Correlação entre a turbidez da água filtrada e o IQETA para os dados referentes aos 6 meses

	R	r^2	τ
IQETA S	-0,47	0,22	-0,37
IQETA P	-0,39	0,15	-0,42

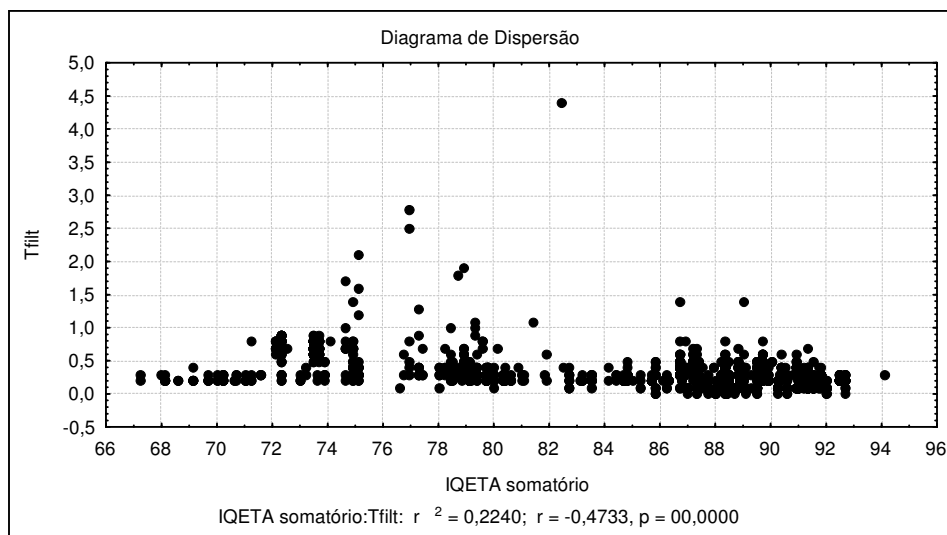


Figura 5-28 – Correlação entre o IQETA somatório e a turbidez da água filtrada

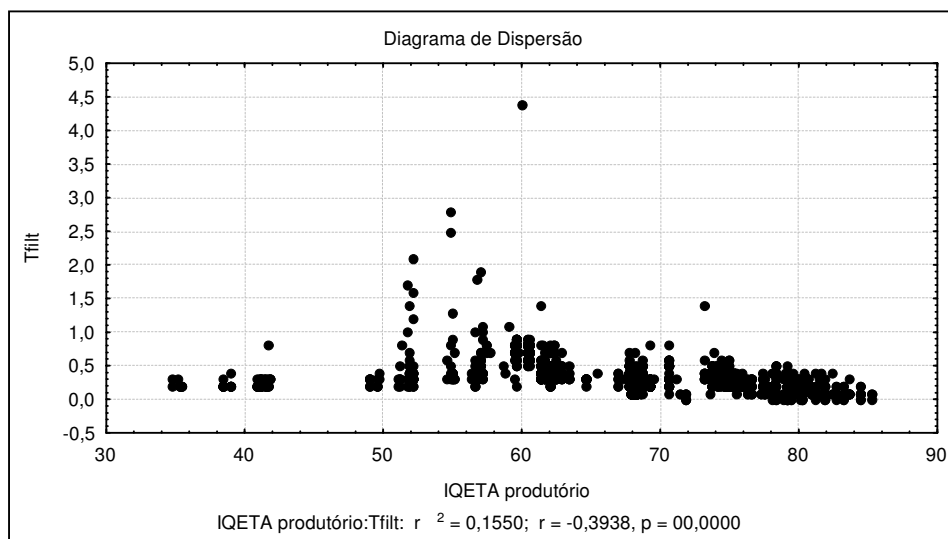


Figura 5-29 – Correlação entre o IQETA produtivo e a turbidez da água filtrada

Os diagramas apresentados na Figura 5-30 foram elaborados segundo definido no capítulo 4, *Metodologia*. Nestes observa-se a capacidade das unidades de floculação, decantação e filtração para a ETA IX. Como já foi explicado anteriormente a ETA IX.A e ETA IX.B são uma única estação que no ano de 2003 passou por uma reforma. A finalidade de ser retomado neste ponto da discussão esta particularidade desta ETA é discutir o impacto da reforma na variação do IQETA.

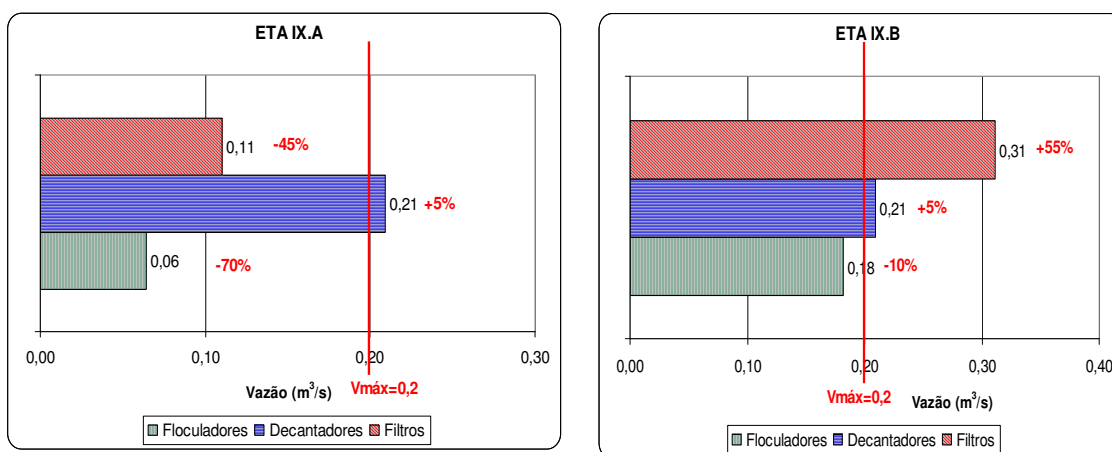


Figura 5-30 – Diagrama de capacidade para a ETA IX.A e ETA IX.B

Como pode ser observado na já citada Figura 5-30 a unidade de floculação antiga, composta por um floculador hidráulico de passagem forçada com 7 câmaras de 4,41 m² cada – Apêndice XI -, estava dimensionada para tratar adequadamente somente 30 % da vazão média diária máxima para os 6 meses de dados considerados neste estudo. Também os 3 filtros, de

17,6 m² cada unidade, compostos por leito simples de areia mostraram-se apropriados para tratar somente 55% da referida vazão. Com isto a ETA IX.A passou por uma reforma da qual resultaram duas principais alterações: mudança da unidade existente para um floculador mecanizado de paletas com 4 câmaras de 20 m² cada e mudança dos filtros de leito simples de areia para filtros de leito duplo, além da construção de mais uma unidade filtrante de mesma área totalizando assim o número de 4 filtros após a reforma.

Estas modificações permitiram alterações nos valores dos parâmetros referentes a estas unidades, são estes: G_f, T_f, Nc e T_{filt}, cuja mediana dos valores assumidos no período seco e chuvoso encontram-se na Tabela 5-22. Nesta também se encontram as medianas das pontuações recebidas por estes parâmetros.

Tabela 5-22 - Medianas para os valores de G_f, T_f, Nc e T_{filt} e mediana para a pontuação da ETA IX

Parâmetros	Valores para o parâmetro - mediana		Pontos	
	ETA IX.A	ETA IX.B	ETA IX.A	ETA IX.B
G _f (s-1)	75,57	44	34	90
T _f (s)	720,75	2001		
Nc	7	4	60	100
T _{filt} (m ³ /m ² .d)	266,05	189	69	100

Analisando-se o conteúdo da Tabela 5-22 nota-se a maior adequação dos valores dos parâmetros com a ABNT (1992) e um conseqüente aumento dos pontos atribuídos a estes, já que os critérios de pontuação foram desenvolvidos baseando-se nas diretrizes preconizadas pela ABNT (1992). Na Tabela 5-23 são apresentadas as medianas da pontuação recebida por grupo e do IQETA na forma de produtório e somatório. Nota-se claramente que as mudanças nos floculadores resultaram em um aumento da pontuação para o grupo floculação, no entanto o grupo filtração permaneceu com a mesma pontuação. Isto foi devido ao fato de que embora este grupo tenha tido seus pontos aumentados para o parâmetro T_{filt} ele teve a pontuação bastante reduzida pelo parâmetro Laux, uma vez que há somente lavagem auxiliar hidráulica superficial. Quando os filtros foram alterados de leito simples para duplo a lavagem auxiliar não sofreu modificações resultando em uma pontuação igual a 90 pontos quando a ETA possuía filtros de leito simples e 5 pontos para a ETA com filtros de leito duplo.

No geral pode-se observar um incremento do IQETA após as reformas realizadas pela estação restando ainda a necessidade de confirmação se estas modificações e conseqüente aumento do IQETA foram acompanhados de uma melhoria na qualidade da água filtrada.

Tabela 5-23 – Pontos recebidos por cada grupo e para o IQETA nas formas de produtório e somatório

		Pontos Recebidos						
		M.Rápida	Floculação	Decantação	Filtração	Desinfecção	Operação	IQETA
ETA	Somatório	9	11	18	17	5	13	73
IX.A	Produtório	2	2	2	2	1	2	47
ETA	Somatório	9	22	21	17	6	13	88
IX.B	Produtório	2	3	3	2	1	2	65

Na Tabela 5-24 demonstra-se as porcentagens de valores de turbidez abaixo ou iguais a 0,5 e a 0,3 uT e o valor abaixo do qual estão 95% dos dados. Desta nota-se melhores resultados para a ETA IX.B para o percentual abaixo ou igual 0,5 uT e para o valor abaixo do qual estão 95% dos dados durante o período chuvoso. Neste mesmo período, para os percentuais $\leq 0,3$ uT, a ETA IX.A apresentou resultados ligeiramente melhores, no entanto o conjunto dos resultados leva a um desempenho realmente melhor para a ETA IX.B. Já para o período seco o conjunto dos dados leva a um desempenho ligeiramente superior para a ETA IX.A. Com isso acredita-se que as modificações na ETA levaram a um incremento da qualidade da água filtrada para o período chuvoso e manteve praticamente os mesmos resultados para o período seco. Da observação da Figura 5-31 percebe-se que o período chuvoso representa realmente um desafio para a ETA IX uma vez que os valores de turbidez da água bruta chegam a ultrapassar 2000 uT.

Tabela 5-24 – Qualidade da água filtrada em termos de turbidez

	Porcentagens dos valores de turbidez atingindo a meta					
	Período Chuvoso			Período Seco		
	$\leq 0,5$ uT	$\leq 0,3$ uT	95% (uT)	$\leq 0,5$ uT	$\leq 0,3$ uT	95% (uT)
ETA IX.A	57,8	10,0	1,9	98,9	85,9	0,3
ETA IX.B	71,4	0,0	0,7	91,2	11,0	0,5

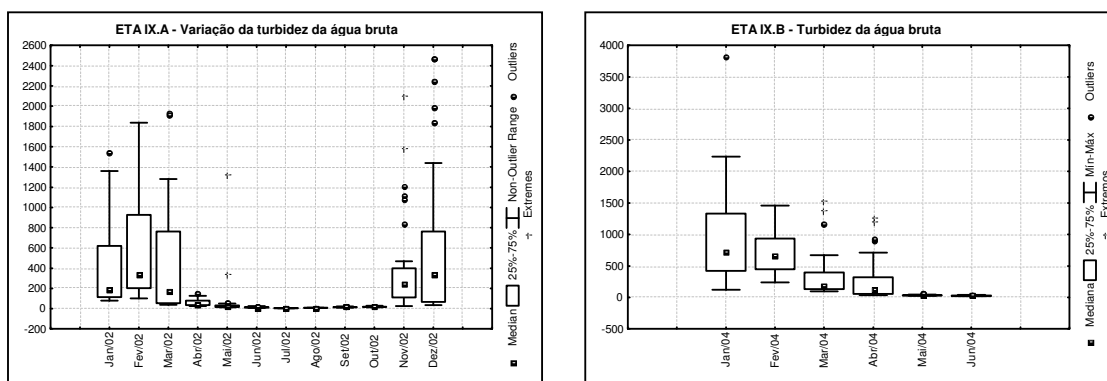


Figura 5-31 – Variação da turbidez da água bruta durante o ano para a ETA IX A e B

Os gráficos de variação da água bruta para todas as estações mencionadas neste trabalho encontram-se no Apêndice XIV e os diagramas de capacidade encontram-se no Apêndice XV.

A próxima discussão abordada neste capítulo refere-se à correlação existente entre os valores de turbidez da água bruta, decantada e filtrada. Esta correlação é representada pelos gráficos da Figura 5-32. Nestes a linha superior representa os valores de turbidez para a água bruta, a intermediária os valores de turbidez para a água decantada e a inferior os para a água filtrada. As figuras demonstram a tendência ou não do perfil para água decantada acompanhar o para a água bruta e o perfil para a água filtrada acompanhar o para água decantada. Os perfis de turbidez para as demais estações encontram-se no Apêndice XVI.

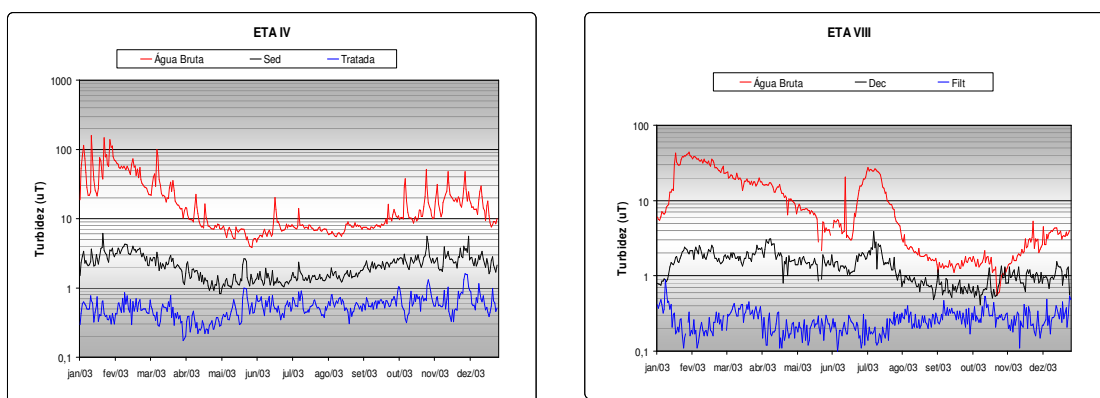


Figura 5-32 – Perfil de turbidez para as águas bruta, decantada e filtrada

Com a finalidade de se obter uma dimensão da correlação existente entre os valores das águas bruta e decantada e entre os valores das águas decantada e filtrada, os coeficientes de correlação linear foram calculados para todas as estações sendo estes apresentados na Tabela 5-25. Ressalta-se que para a ETA I e ETA X não se possui dados referentes à turbidez da água

decantada e para a ETA III e ETA IV não se possui dados para a turbidez da água filtrada, sendo devido a isto a existência de lacunas na tabela.

Acredita-se que estações com bom desempenho devam ser capazes de produzir água filtrada com turbidez constante, independente da turbidez da água bruta. Diante desta afirmação e dos dados da citada tabela a ETA VII apresentou melhores resultados para o desempenho da decantação e a ETA II os melhores resultados para o desempenho da filtração. Já a ETA IV e ETA IX.B apresentaram os piores resultados para a decantação e filtração respectivamente.

Tabela 5-25 – Correlação entre os valores de turbidez das águas Bruta/Decantada e Decantada/Filtrada

Estações	Água Bruta/Decantada		Água Decantada/Filtrada	
	r	r ²	r	r ²
ETA I				
ETA II	0,557	0,310	0,130	0,017
ETA III	0,571	0,326		
ETA IV	0,778	0,605		
ETA V	0,527	0,278	0,636	0,405
ETA VI	0,561	0,314	0,475	0,226
ETA VII	0,451	0,204	0,399	0,159
ETA VIII	0,754	0,569	0,642	0,412
ETA IX.A	0,714	0,510	0,652	0,425
ETA IX.B	0,532	0,283	0,783	0,613
ETA X				

Será que as estações produzindo água filtrada de qualidade constante são as que possuem maior IQETA? Para responder a esta questão foram plotados os gráficos da Figura 5-33. Nestes temos no eixo das abscissas os IQETAs somatório e produtivo e no eixo das ordenadas o r² entre a água decantada e a filtrada. Destes gráficos observa-se que a resposta afirmativa para a questão colocada acima foi totalmente rejeitada para o IQETA somatório. Já para o IQETA produtivo, embora os resultados tenham sido muito ruins, foram significativamente melhores do que para o IQETA somatório.

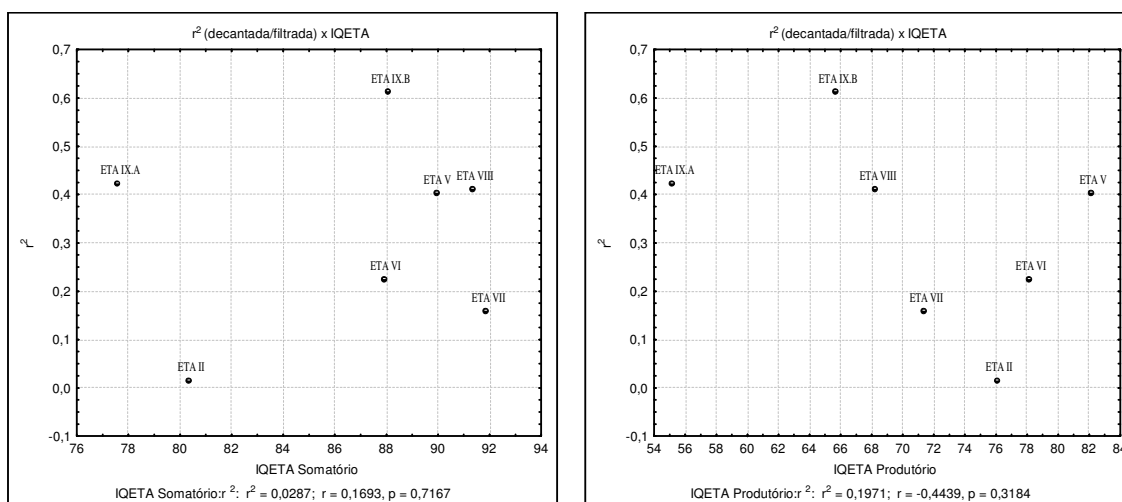


Figura 5-33 – Diagrama de dispersão r^2 x IQETA somatório e produtório (período chuvoso)

Os valores dos parâmetros calculados para cada estação foram incluídos no Apêndice XVIII. No entanto somente parte destes foi reproduzida uma vez que com auxílio de tabelas do Excel e, das vazões médias diárias para cada ETA, estes foram calculados para cada dia gerando uma quantidade muito grande de tabelas

Retomando a pergunta realizada no início deste capítulo: será que apenas um parâmetro com pontuação ruim causa um impacto significativo no desempenho global da ETA, em termos de remoção de turbidez, capaz de justificar a opção pelo produtório?

Pela análise realizada acredita-se que um único parâmetro, como por exemplo o Vs ou Gcor ou qualquer outro, pode sim afetar o desempenho da estação, a ponto de se decidir por uma pontuação mais baixa para ETA ainda que todos os outros parâmetros estejam adequados. Esta decisão foi suportada por maiores valores de correlação para o IQETA produtório quando critérios mais restritivos para a turbidez foram utilizados. No entanto, quando a estação apresenta bom desempenho o valor da diferença entre o IQETA somatório e o do IQETA produtório tende a se minimizar como pode ser visto na Figura 5-34.

Para o período seco, embora o r foi maior para o IQETA somatório, em ambos os casos os valores de p foram muito elevados recomendando a rejeição da existência de correlação linear entre as variáveis testadas. Já no caso do τ , este foi mais significativo para o IQETA produtório demonstrando que embora não haja correlação linear entre as variáveis, há valores que indicam correlação não-linear entre estas. No entanto os melhores resultados para o IQETA somatório, em termos de r, durante o período seco não invalida a primeira conclusão,

ou seja, o IQETA produtivo se demonstrou mais adequado ao período chuvoso, no qual são maiores as dificuldade em manter a qualidade da água filtrada estável.

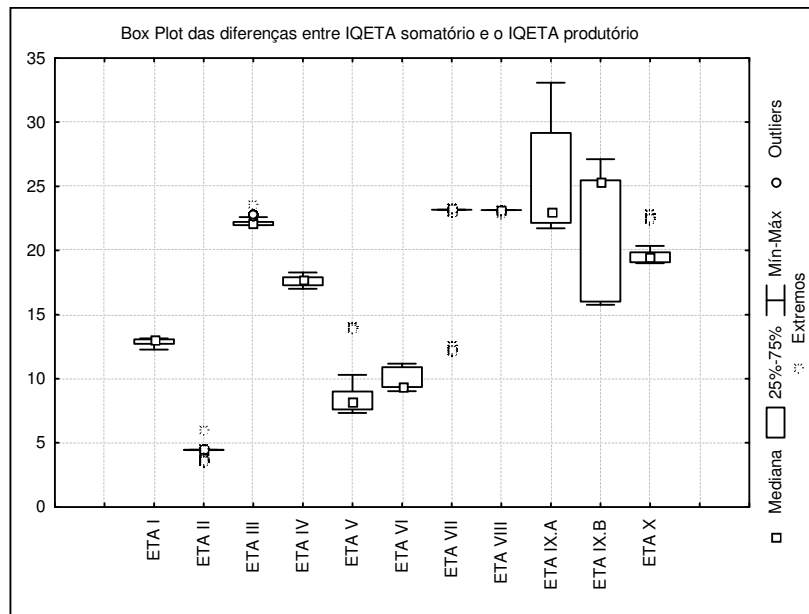


Figura 5-34 – Diferença entre os valores das medianas do IQETA somatório e os do IQETA produtivo

A utilidade do IQETA pode ser verificada na comparação dos resultados da ETA IX.A e ETA IX.B, demonstrando-se sensível as melhorias da ETA acompanhadas de melhoria da qualidade da água filtrada.

Uma última análise a ser apresentada neste capítulo refere-se aos pesos utilizados para calcular o índice, definidos por meio da pesquisa de opinião. Efetuaram-se três modificações nos pesos dos parâmetros com a intenção de verificar qual a real influência dos pesos no valor final do IQETA. Na Tabela 5-26 são apresentadas as alterações dos pesos por grupos e na Tabela 5-27 as alterações dos pesos por parâmetro.

A primeira alteração foi realizada elevando-se o peso da taxa de filtração e diminuindo os pesos dos parâmetros dos grupos *Floculação* e *Decantação*. A segunda alteração foi semelhante à primeira, no entanto elevou-se ainda mais o peso da taxa de filtração. Na terceira e última alteração os pesos foram igualmente distribuídos entre os parâmetros, lembrando-se que o parâmetro G_f-T_f na verdade refere-se a dois parâmetros e por isto teve peso maior.

Tabela 5-26 – Alterações dos pesos por grupos

	MR	FLOC	DEC	FILT	DES	OPER
Pesos sem alteração	9	25	26	20	7	13
Alteração 1	9	20	21	30	7	13
Alteração 2	9	10	11	50	7	13
Alteração 3	10	25	25	20	10	10

Tabela 5-27 – Alterações dos pesos dos parâmetros

Parâmetros	Sem alteração	Alteração 1	Alteração 2	Alteração 3
Gmr	0,06	0,06	0,06	0,05
Tmr	0,03	0,03	0,03	0,05
Gf - Tf	0,14	0,12	0,10	0,10
dp	0,04	0,03	0,02	0,05
Nc	0,03	0,02	0,01	0,05
Vc	0,03	0,02	0,01	0,05
Gcom	0,04	0,03	0,02	0,05
Gcor	0,05	0,04	0,03	0,05
Vs	0,08	0,07	0,06	0,05
VI	0,04	0,03	0,02	0,05
QI	0,06	0,05	0,04	0,05
Tfilt	0,09	0,19	0,29	0,05
Dcarr	0,04	0,04	0,04	0,05
Exp ou Vasc	0,04	0,04	0,04	0,05
Laux	0,03	0,03	0,03	0,05
Tc	0,05	0,05	0,05	0,05
Nch	0,02	0,02	0,02	0,05
GI	0,07	0,07	0,07	0,05
Jtest	0,06	0,06	0,06	0,05

Na Tabela 5-28 são apresentados os valores do IQETA, nas formas de produtório e somatório, calculados para as 10 estações após as modificações dos pesos referentes aos parâmetros. Desta pode-se observar que os valores médios do IQETA para a primeira alteração quase não se modificaram. Sendo a maior modificação referente a ETA IV que teve um aumento de 6 pontos para o IQETA produtório. As maiores modificações ocorreram para a alteração 2. Para esta o valor médio do IQETA produtório para ETAIV sofreu uma redução de 21 pontos. Com isto acredita-se que uma redefinição dos pesos, como um aumento dos pesos atribuídos a filtração, poderá provocar modificações relevantes nos índices calculados para as estações.

Tabela 5-28 – Valores dos IQETAs produtivo e somatório calculados com e sem as alterações dos pesos

	Sem Alteração			Alteração 1			Alteração 2			Alteração 3		
	Média	Mínimo	Máximo	Média	Mínimo	Máximo	Média	Mínimo	Máximo	Média	Mínimo	Máximo
ETA I-S	73,0	72,0	75,0	75,0	75,0	77,0	78,0	77,0	79,0	72,0	71,0	74,0
ETA I-P	60,0	59,0	63,0	61,0	61,0	63,0	63,0	63,0	65,0	55,0	54,0	57,0
ETA II-S	78,0	72,0	84,0	77,0	70,0	85,0	77,0	70,0	86,0	82,0	78,0	87,0
ETA II-P	73,0	70,0	80,0	72,0	69,0	80,0	72,0	69,0	82,0	78,0	75,0	83,0
ETA III-S	75,0	73,0	85,0	75,0	73,0	87,0	76,0	74,0	89,0	77,0	76,0	84,0
ETA III-P	53,0	51,0	61,0	57,0	55,0	67,0	62,0	59,0	73,0	53,0	52,0	59,0
ETA IV-S	79,0	68,0	89,0	82,0	72,0	90,0	86,0	76,0	92,0	77,0	69,0	85,0
ETA IV-P	54,0	45,0	67,0	60,0	51,0	72,0	66,0	57,0	78,0	50,0	44,0	58,0
ETA V-S	87,0	81,0	92,0	88,0	83,0	94,0	90,0	86,0	95,0	86,0	82,0	91,0
ETAV-P	83,0	70,0	90,0	84,0	73,0	91,0	87,0	76,0	93,0	82,0	73,0	89,0
ETA VI-S	88,0	81,0	90,0	89,0	82,0	91,0	90,0	85,0	92,0	86,0	81,0	88,0
ETA VI-P	78,0	74,0	82,0	78,0	74,0	81,0	79,0	76,0	82,0	71,0	68,0	74,0
ETA VII-S	92,0	87,0	94,0	93,0	89,0	95,0	95,0	91,0	96,0	91,0	87,0	94,0
ETA VII-P	70,0	64,0	83,0	73,0	68,0	82,0	77,0	73,0	83,0	67,0	62,0	81,0
ETA VIII-S	91,0	87,0	92,0	89,0	86,0	92,0	87,0	84,0	94,0	91,0	88,0	92,0
ETA VIII-P	68,0	65,0	71,0	69,0	66,0	74,0	69,0	67,0	78,0	65,0	63,0	67,0
ETA IX.A-S	76,0	68,0	92,0	77,0	70,0	94,0	79,0	72,0	95,0	76,0	70,0	90,0
ETA IX.A-P	52,0	39,0	69,0	56,0	43,0	72,0	60,0	48,0	77,0	50,0	38,0	65,0
ETA IX.B-S	88,0	85,0	92,0	90,0	87,0	93,0	91,0	84,0	94,0	85,0	81,0	89,0
ETA IX.B-P	65,0	59,0	76,0	68,0	63,0	75,0	71,0	67,0	76,0	58,0	50,0	69,0
ETA X-S	88,0	84,0	92,0	89,0	86,0	92,0	91,0	87,0	93,0	86,0	82,0	90,0
ETA X-P	68,0	62,0	72,0	68,0	62,0	72,0	70,0	63,0	73,0	60,0	54,0	64,0

6 CONCLUSÕES

Dentre as conclusões que podem ser retiradas deste estudo, pode-se observar que as duas rodadas de questionários constituintes da pesquisa de opinião foram insuficientes para alcançar um consenso entre os painelistas no valor dos pesos referentes aos parâmetros considerados mais relevantes. Para alguns parâmetros, inclusive, a dispersão aumentou na 2ª rodada. No entanto a hierarquização dos parâmetros demonstrou haver um consenso sobre os parâmetros mais relevantes. Sendo a primeira posição ocupada pela taxa de filtração, cuja importância coaduna-se com as tendências dos padrões de potabilidade nacionais e internacionais de privilegiar a redução dos valores permissíveis para a turbidez da água filtrada.

Os critérios de pontuação apresentaram-se como a etapa de maior dificuldade neste trabalho. Foram desenvolvidos tentando-se considerar informações fáceis de serem obtidas e mensuradas. Com isso acredita-se que muitos aspectos relevantes para um desempenho das estações tenham sido deixados de fora por não se enquadrarem nesse quesito, como exemplo, a distribuição equitativa das vazões do canal de água floculada para os decantadores

Apesar da limitação do tamanho da amostra, 10 estações, as correlações auferidas demonstraram que há uma tendência das estações produzindo água filtrada de melhor qualidade, no que se refere a valores de turbidez, serem contempladas com maiores valores para o IQETA.

Os valores de correlação apresentaram-se maiores para o IQETA produtivo quando exigências mais restritivas para os valores da turbidez da água filtrada foram estabelecidas. No entanto, para as estações com bom desempenho em todos os parâmetros os resultados obtidos com o IQETA somatório aproximam-se dos obtidos com o IQETA produtivo.

Partindo-se da premissa de que estações com um bom desempenho devem ser capazes de produzir água filtrada com turbidez constante, apesar das variações da água bruta, o IQETA produtivo também sobressaiu-se ao somatório quando comparado com os valores de r^2 entre os valores de turbidez para água decantada e os valores para a água filtrada, mostrando-se mais sensível e portanto mais capaz de hierarquizar as estações atribuindo melhores resultados as com um desempenho realmente acurado.

A utilização do IQETA para a comparação do desempenho da ETA IX antes e após a reforma demonstrou a sensibilidade do índice diante das modificações na estação acompanhada de melhoria da qualidade da água filtrada ratificando a utilidade do IQETA como uma ferramenta útil na administração de sistemas de produção de água. Principalmente na região Sudeste, na qual o número de estações operando com tecnologia de tratamento convencional supera as demais tecnologias existentes.

Com isso, acredita-se, que apesar das limitações de aplicação, da necessidade de aprimoramentos, da ausência de alguns parâmetros que futuramente poderão ser incluídos e dos baixos valores de correlação, o índice pode ser utilizado para avaliar o desempenho das estações. O fato de alguns parâmetros não terem sido incluídos não inviabiliza esta aplicação uma vez que estações atentas para os 19 parâmetros avaliados possivelmente também devem estar atentas para outros não presentes no índice. Já as baixas correlações não são negativas para a aplicação do IQETA uma vez que este avalia aspectos diferentes da turbidez da água filtrada com a qual foi comparado. Caso estas variáveis – IQETA e turbidez da água filtrada apresentassem correlações altas elas estariam dizendo a mesma coisa podendo uma ser substituída pela outra e não complementando-se.

Inúmeras foram as dificuldades encontradas durante o decorrer deste trabalho. Estabelecer um índice capaz de avaliar situações tão distintas hierarquizando-as a partir de uma escala única não foi de forma alguma uma tarefa fácil. Também não se espera que os resultados obtidos sejam incontestáveis ou desprovidos de imprecisões. No entanto acredita-se que esta tentativa apresentou resultados bons, indicando que resultados ainda melhores podem ser alcançados a partir de uma acurada revisão dos pesos definidos por meio da pesquisa de opinião, dos critérios de pontuação propostos e dos próprios parâmetros inseridos no índice.

7 RECOMENDAÇÕES

Como já mencionado, acredita-se que novos estudos podem aperfeiçoar o IQETA aumentando sua eficácia. Como recomendação para a redução das limitações identificadas sugere-se a elaboração de novas pesquisas de opinião partindo-se da exploração dos desacordos revelados na realizada por este trabalho.

Um outro aspecto que poderia ser abordado em novas pesquisas seria pedir que os painelistas, além de pontuarem os parâmetros individualmente, também atribuíssem pesos aos grupos definidos – Mistura Rápida, Flocculação, Decantação, Filtração, Desinfecção e *Operação*. Assim a tendência de um grupo ser considerado mais relevante pelo fato de ter mais parâmetros que outro poderá ser eliminada. Evidentemente que esta nova pontuação deverá ser seguida de alteração na fórmula de calculo, devendo os grupos, antes de serem somados ou multiplicados, serem multiplicados ou elevados ao peso do grupo conforme a fórmula utilizada – somatório ou produtório.

Futuramente, uma análise mais ampla, haverá de contemplar além do IQETA e da qualidade da água tratada, um índice que afira as características da água bruta em termos de maior ou menor tratabilidade.

Outra medida que poderá contribuir para o aperfeiçoamento do índice é a revisão dos critérios de pontuação, podendo dividi-los de acordo com o porte da estação e, também sujeitá-los à opinião dos painelistas.

Por fim, sugere-se a realização de uma análise de sensibilidade mais detalhada, bem como a realização de análises de redundância dos parâmetros e de robustez, bem como a aplicação do IQETA a um número maior de estações, para que se possa confirmar, ou não, dos resultados obtidos até o momento.

8 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AMIRTHARAJAH, A.; MILLS K. M. Rapid-mix design for mechanisms of alum coagulation. *Journal of the American Water Works Association*, USA, v.74 , n.4, p. 210-216, abril.1982.

ARGAMAN, Y; KAUFMAN, W. J. Turbulence and flocculation. *JEED-ASCE*, v 96, n 5-A2, p 223-241, abril, 1970.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS – ABNT. NBR 12216. *Projeto de estações de tratamento de água para abastecimento público*. Rio de Janeiro,1992.

AWWA; ASCE. *Water treatment plant design*.3rd ed. New York: McGraw-Hill,1998.806p.

AWWA. *Self-assessment guide for surface water treatment plant optimization*. USA: AWWARF,1997.213p.

AWWA. *Water quality & treatment*. 5^aed. USA: McGraw-Hill, 1999.

BROWN, R. M.; MCCLELLAND, N. I.; DEINIGER, R. A.; TOZER, R. G. A water quality index – do we dare ?. *Water & Sewage Works*, Chicago, v 117. , n 10. , p339-343, outubro.1970.

BURLINGAME, Gary A.; PICKEL, Michael J.;ROMAN, Joseph T. Practical applications of turbidity monitoring. *Journal of the American Water Works Association*, New York, v.90, n.8, p. 57-69, agosto. 1998.

CETESB. Manual de avaliação de desempenho de estações de tratamento de água:manual técnico. São Paulo: 1980.73p.

CONSONERY, Phil J.; GREENFIELD, Donald N.; LEE, Joseph J. Pennsylvania’s filtration evaluation program. *Journal of the American Water Works Association*, New York, v.89, n.8, p. 67-77, agosto. 1997.

DHARMARAJAH, A. H.;CLEASBY,J.L. Predicting the expansion behavior of filter media. *Journal of the American Water Works Association*, New York, v.78, n.12, p. 66-76, dezembro. 1986.

DI BERNARDO, L. (Coord.); MENDES, C. G. N.; BRANDÃO, C. C. S.; SENS, M. L. & PÁDUA, V. L. *Tratamento de água para abastecimento por filtração direta*, 2003. Rio de Janeiro: ABES, RiMa, pp. 498p., 2003

DI BERNARDO, Luiz. *Métodos e técnicas de tratamento de água*. Rio de Janeiro: ABES, 1993a. Vol. I. 496p.

DI BERNARDO, Luiz. *Métodos e técnicas de tratamento de água*. Rio de Janeiro: ABES, 1993b. Vol. II. 498p.

DI BERNARDO, L.; MENDES, C. G. N.; GUIMARÃES, A. F. Coagulação-floculação de águas com turbidez ou cor elevada-Parte II. *Revista DAE*, São Paulo, v.47, n.150, p 232-240, dezembro. 1987.

- GUIDELINES FOR PHASE IV: Partnership for safe water. AWWA *et al*, 2003.
- GREAT LAKES – Upper Mississippi River Board of State and Provincial Public Health and Environmental Managers. *Recommended Standards for Water Works*, 2003 edition. 124 p.
- HELSEL, D. R.; HIRSCH, R. M. *Statistical methods in water resources*. U.S. Geological survey. 2002. 503p.
- HUDSON, H. E. *Water clarification processes practical design and evaluation*. New York: Van Nostrand Reinhold, 1981.
- JARROL, E. L.; BINGHAN, A. K.; MEYER, E. A. Effect of chlorine on Giardia Lamblia cyst viability. *Applied and environmental microbiology*, v 41, p 483-488, fevereiro. 1981.
- KAWAMURA, S. Optimisation of basic water-treatment process-design and operation:coagulation and flocculation. *J. Water SRT - Aqua*, v. 45, n. 1, p. 35-47, janeiro.1996.
- KAWAMURA,S.*Integrated design of water treatment facilities*. John Wiley & Sons, Inc. 1991. 658p.
- KRAMER, M. H. *e al*. Waterborne disease:1993 and 1994. *Journal of the Americam Water Works Association*, USA, v. 88, n. 3, p. 66-78, março.1996.
- LECHEVALIER, Mark W.; NORTON, William D. *Giardia and Cryptosporidium* in raw and finished drinking water. In: AWWA. *Cryptosporidium and water: A public health handbook*. USA: AWWA,1997. p. 97-107.
- LINSTONE, Harold A. (Ed) ; TUROFF, Murray (Ed).*The Delphi Method: techniques and applications*.Addison-Wesley Publishing Company: Massachusetts , 1975. 620p.
- MARQUES, T. N. V. Avaliação da influência das características da água bruta na qualidade da água filtrada em instalações não-convencionais de tratamento, utilizando dados secundários. 1998.176 p. Dissertação (Mestrado em Saneamento, Meio Ambiente e Recursos Hídricos) – Escola de Engenharia, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 1998.
- MINISTÉRIO DA SAÚDE – MS. Portaria 518: Normas e padrão de potabilidade da água destinada ao consumo humano. Brasília, março.2004.
- MONK, R. D. G.; WILLIS, J. F. Designing water treatment facilities. *Journal of the Americam Water Works Association*, USA, v. 79, n. 2, fevereiro.1987.
- MONTGOMERY, James M. Inc. *Water treatment principles and design*. New York: John Wiley & Sons,1985. 696p.
- NAGELS, J. W.; DAVIES-COLLEY, R. J.; SMITH, D.G. A water quality index for contact recreation in New Zealand. *Water Science and Technology*, v. 43, n. 5, p. 285-292.2001.

NIEMINSKI, E. C.; ONGERTH, J.E. Removing *Giardia* and *Cryptosporidium* by conventional treatment and direct filtration. *Journal of the American Water Works Association*, New York, v. 87, n. 9, p. 96-106, setembro.1995.

PATANIA, N. L.; JACANGELO, J. G.; CUMMINGS L.; WILCZAK, A. Removal of *Cryptosporidium*, *Giardia* and Particles by Granular Media Filtration in Pilot Studies. *Proceedings of 1995 AWWA Conference*, Denver, CO: AWWA.

PONTIUS, Frederick W. Drinking Water Contaminant Regulation. *Journal of the American Water Works Association*, New York, v.96, n.3, p. 56-78, março. 2004.

QASIM, Syed R.; MOTLEY, Edward M.; ZHU, Guang. *Water Works Engineering: Planning, Design and Operation*. Texas: Prentice Hall, 2000. 844p.

RENNER, Robert C. *et al.* Composite Correction Program Optimizes Performance at Water Plants. *Journal of the American Water Works Association*, New York, v.85. , n. 6, p.67-74, junho. 1993

REYNOLDS, T. T.; RICHARDS, P.A. *Unit operations and processes in environmental engineering*. 2ªed. Boston: PWS Publishing, Co, 1996.

RICHTER, Carlos A; AZEVEDO NETTO, José M. *Tratamento de água: tecnologia atualizada*. São Paulo: Editora Edgard Blücher, 1991.332p.

ROBERSON, J. A. Complexities of the new drinking water regulations. *Journal of the American Water Resources Association*, New York, v. 95, n. 3, p. 48-56.2003

ROWE, G.; GEORGE, W.; BOLGER, F. Delphi: A Reevaluation of research and theory. *Technological Forecasting and Social Changes*. n. 39, n. 3, p. 235-251.1991.

RUBIN, A.J.; EVERS, O.P.; EYMAN, C.H.; JARROLL, E.L. Inactivation of Gerbil-Cultured *Giardia* *Lambli*a cysts by free chlorine. *Applied and environmental microbiology*, v.55, n. 10, p.2592-2594.1989.

SILINIS, Petras G; FRANKS, Stewart W. Development of a diagnostic index to guide maintenance. *Journal of the American Water Works Association*, New York, v.95, n.5, p. 105-111, maio. 2003.

TAYLOR, J. G.; RYDER, S. D. Use of the Delphi method in resolving complex water resources issues. *Journal of the American Water Resources Association*, New York, v. 39, n.1, p. 183-189, fevereiro.2003.

USEPA. *25 years of the safe drinking water act: history and trends*.. Cincinnati, Ohio : USEPA CERL.1999.56p.(EPA/816/R-99/007)

USEPA. *Optimizing water treatment plant performance using composite correction program*. Cincinnati, Ohio : USEPA CERL.1998.168p.(EPA/625/3-87/013)

USEPA. *Guidance manual for compliance with the filtration and disinfection requirements form public water systems using surface water sources*. Washington, DC : USEPA.1991. (EPA/625/3-87/013)

VIANNA, Marcos R. *Hidráulica aplicada às estações de tratamento de água*. Belo Horizonte: Imprimatur, 2002. 576 p.

YEE, L. B.; BABB, A. F. Inlet design for rectangular settling tanks by physical modeling. *Journal WPCF*, v. 57, n. 12, p 1168, dezembro. 1985.

9 APÊNDICES

APÊNDICE I

Cópia do questionário enviado aos participantes

 UNIVERSIDADE FEDERAL DE MINAS GERAIS PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM SANEAMENTO, MEIO AMBIENTE E RECURSOS HÍDRICOS	
Projeto:	Proposição de um Índice para Avaliação do Desempenho de Estações Convencionais de Tratamento de Água – CNPq Edital Universal 2002.
Contato:	<i>Av. Contorno 842 - 8o andar , 30110 – 060, Belo Horizonte - BRASIL</i> <i>email: mllibanio@ehr.ufmg.br , van_lopes@yahoo.com.br.</i> <i>Telefone : (31) 3238-1004</i>

INTRODUÇÃO

O presente questionário tem como objetivo promover, junto a especialistas da área de Tratamento de Água, uma pesquisa de opinião a respeito dos possíveis parâmetros que constituirão o IQETA (Índice de Qualidade de Estações de Tratamento de Água). Este índice será resultado da aplicação de um modelo matemático que contemple e hierarquize os fatores intervenientes no processo de potabilização e tem como finalidade fornecer, aos gestores dos sistemas de abastecimento, um instrumento capaz de avaliar e hierarquizar as unidades de tratamento auxiliando na alocação de recursos humanos disponíveis e de verbas destinadas a ampliações.

Em primeira instância, o IQETA aplicar-se-á a estações com tecnologia convencional de tratamento, dotadas de decantadores de escoamento horizontal, tratando água bruta com características típicas da região sudeste, cujo objetivo consiste na produção de água tratada com turbidez inferior a 0,5 uT e ausência de coliformes totais conforme portaria 1469/00¹.

A razão que motivou a realização da etapa de consulta a especialistas deveu-se à crença no fato de que o conhecimento coletivo, se devidamente organizado, é melhor que a opinião individual.

O procedimento para aplicação e elaboração dos questionários foi desenvolvido de acordo com alguns aspectos do método DELPHI, desenvolvido por pesquisadores da *Rand Corporation* no início dos anos 50 com objetivo de aperfeiçoar uma técnica para previsão tecnológica por meio da obtenção do consenso da opinião de um grupo de especialistas.

As características do método DELPHI consideradas serão:

- O anonimato, com a finalidade de reduzir fatores psicológicos como, por exemplo, a possível influência da opinião de participantes com maior grau de especialização sobre os demais ou a resistência que alguns apresentem em mudar de opinião durante o processo;
- A Representação estatística dos resultados;
- O feedback, com o objetivo de que os participantes tenham a chance de revisar seus pontos de vista após conhecer as opiniões e comentários dos demais, convergindo para um maior consenso a cada rodada.

A pesquisa em curso será constituída por 3 etapas descritas abaixo:

- 1ª Etapa : Os participantes receberão o primeiro questionário no qual deverão atribuir pesos a cada um dos parâmetros inicialmente listados;

¹ MS. Ministério da Saúde - *Normas e padrão de potabilidade da água destinada ao consumo humano*, Portaria 1469, Brasília, 29 de dezembro 2000.

 UNIVERSIDADE FEDERAL DE MINAS GERAIS PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM SANEAMENTO, MEIO AMBIENTE E RECURSOS HÍDRICOS	
Projeto:	Proposição de um Índice para Avaliação do Desempenho de Estações Convencionais de Tratamento de Água – CNPq Edital Universal 2002.
Contato:	<i>Av. Contorno 842 - 8o andar , 30110 – 060, Belo Horizonte - BRASIL</i> <i>email: mllibanio@ehr.ufmg.br , van_lopes@yahoo.com.br.</i> <i>Telefone : (31) 3238-1004</i>

- 2ª Etapa : Os participantes receberão novamente o mesmo questionário junto com um relatório contendo a média dos resultados obtidos durante a 1ª Etapa. Desta forma, poderão, após a análise deste, modificar ou não suas respostas anteriores.
- 3ª Etapa: Será enviado aos respondentes, um novo questionário, no qual será consultada a opinião a respeito dos valores estabelecidos para as variações na qualidade do tratamento – ajustadas a uma escala de 0 a 100 – produzida pelos diferentes parâmetros selecionados com base no resultado da 1ª Etapa. Ressalta-se que serão utilizados os resultados da primeira etapa, pois a terceira etapa será realizada em paralelo com a segunda, sendo ambos os questionários enviados em conjunto.

Após o término do processo, todos os participantes receberão um relatório com os resultados finais da pesquisa de opinião.

INSTRUÇÕES PARA O PREENCHIMENTO

Para o preenchimento do questionário a seguir, o respondente deverá escolher, marcando com um X, para cada parâmetro, uma das três opções apresentadas: INCLUIR caso acredite que o parâmetro seja de relevância para a avaliação da qualidade do tratamento de água, NÃO INCLUIR caso considere que o parâmetro não deva ser incluso no IQETA (Índice de Qualidade de Estações de Tratamento de Água) e INDECISO caso esteja indeciso se o parâmetro deva ou não ser incluído.

Aos parâmetros considerados de relevância (opção INCLUIR), o respondente deverá atribuir pesos até 100, não havendo necessidade que o somatório atinja este valor.

Após cada parâmetro do questionário, há um espaço para comentários e justificativas que deverá ser preenchido somente se o respondente desejar. Há também um espaço para a inclusão de novos parâmetros que não foram inicialmente listados e que o participante acredite serem importantes e, ainda um outro no final do questionário para comentários adicionais, críticas e sugestões ao processo.

Eventuais dúvidas no preenchimento do questionário podem ser sanadas contactando os responsáveis pela pesquisa.



UNIVERSIDADE FEDERAL DE MINAS GERAIS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM SANEAMENTO, MEIO AMBIENTE E RECURSOS
HÍDRICOS

Projeto:	Proposição de um Índice para Avaliação do Desempenho de Estações Convencionais de Tratamento de Água – CNPq Edital Universal 2002.
Contato:	Av. Contorno 842 - 8o andar , 30110 – 060, Belo Horizonte - BRASIL email: mlibanio@ehr.ufmg.br , van_lopes@yahoo.com.br Telefone : (31) 3238-1004

Parâmetros Intervenientes no Tratamento das Águas para Consumo Humano na consecução de água tratada com turbidez inferior 0,5 uT e ausência de coliformes totais.

PARÂMETRO				
Gmr (Gradiente de velocidade da Mistura Rápida)	<i>Incluir</i>	<i>Não Incluir</i>	<i>Indeciso</i>	<i>Peso</i>
Comentário:				
Tmr (Tempo de agitação da Mistura Rápida)	<i>Incluir</i>	<i>Não Incluir</i>	<i>Indeciso</i>	<i>Peso</i>
Comentário:				
Realização de Ensaios de Jar Test	<i>Incluir</i>	<i>Não Incluir</i>	<i>Indeciso</i>	<i>Peso</i>
Comentário:				
Gf (Gradiente de velocidade da Floculação)	<i>Incluir</i>	<i>Não Incluir</i>	<i>Indeciso</i>	<i>Peso</i>
Comentário:				
Tf (Tempo de Floculação)	<i>Incluir</i>	<i>Não Incluir</i>	<i>Indeciso</i>	<i>Peso</i>
Comentário:				
δp (Gradiente de velocidade nas passagens entre as câmaras)	<i>Incluir</i>	<i>Não Incluir</i>	<i>Indeciso</i>	<i>Peso</i>



UNIVERSIDADE FEDERAL DE MINAS GERAIS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM SANEAMENTO, MEIO AMBIENTE E RECURSOS
HÍDRICOS

Projeto:	Proposição de um Índice para Avaliação do Desempenho de Estações Convencionais de Tratamento de Água – CNPq Edital Universal 2002.
Contato:	Av. Contorno 842 - 8o andar , 30110 – 060, Belo Horizonte - BRASIL email: mllibanio@ehr.ufmg.br , van_lopes@yahoo.com.br . Telefone : (31) 3238-1004

Comentário:				
Nc (Número de Câmaras)	<i>Incluir</i>	<i>Não Incluir</i>	<i>Indeciso</i>	<i>Peso</i>
Comentário:				
Vc (Velocidade média de escoamento no Canal de Água Floculada)	<i>Incluir</i>	<i>Não Incluir</i>	<i>Indeciso</i>	<i>Peso</i>
Comentário:				
Gcom (Gradiente de velocidade nas comportas de acesso ao	<i>Incluir</i>	<i>Não Incluir</i>	<i>Indeciso</i>	<i>Peso</i>
Comentário:				
Gcor (Gradiente de velocidade através dos orifícios da Cortina de Distribuição de água floculada)	<i>Incluir</i>	<i>Não Incluir</i>	<i>Indeciso</i>	<i>Peso</i>
Comentário:				
Vs (Velocidade de Sedimentação ou taxa de aplicação superficial)	<i>Incluir</i>	<i>Não Incluir</i>	<i>Indeciso</i>	<i>Peso</i>
Comentário:				
VI (Velocidade Longitudinal de escoamento)	<i>Incluir</i>	<i>Não Incluir</i>	<i>Indeciso</i>	<i>Peso</i>



UNIVERSIDADE FEDERAL DE MINAS GERAIS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM SANEAMENTO, MEIO AMBIENTE E RECURSOS
HÍDRICOS

Projeto:	Proposição de um Índice para Avaliação do Desempenho de Estações Convencionais de Tratamento de Água – CNPq Edital Universal 2002.
Contato:	Av. Contorno 842 - 8o andar , 30110 – 060, Belo Horizonte - BRASIL email: mllibanio@ehr.ufmg.br , van_lopes@yahoo.com.br . Telefone : (31) 3238-1004

Comentário:				
QL (vazão linear de coleta de água decantada, l/s.m)	<i>Incluir</i>	<i>Não Incluir</i>	<i>Indeciso</i>	<i>Peso</i>
Comentário:				
Tfilt (Taxa de Filtração)	<i>Incluir</i>	<i>Não Incluir</i>	<i>Indeciso</i>	<i>Peso</i>
Comentário:				
Duração da Carreira de Filtração	<i>Incluir</i>	<i>Não Incluir</i>	<i>Indeciso</i>	<i>Peso</i>
Comentário:				
Expansão do Leito Filtrante	<i>Incluir</i>	<i>Não Incluir</i>	<i>Indeciso</i>	<i>Peso</i>
Comentário:				
Velocidade ascensional de lavagem	<i>Incluir</i>	<i>Não Incluir</i>	<i>Indeciso</i>	<i>Peso</i>
Comentário:				
Lavagem Auxiliar com Ar	<i>Incluir</i>	<i>Não Incluir</i>	<i>Indeciso</i>	<i>Peso</i>



UNIVERSIDADE FEDERAL DE MINAS GERAIS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM SANEAMENTO, MEIO AMBIENTE E RECURSOS
HÍDRICOS

Projeto:	Proposição de um Índice para Avaliação do Desempenho de Estações Convencionais de Tratamento de Água – CNPq Edital Universal 2002.
Contato:	Av. Contorno 842 - 8o andar , 30110 – 060, Belo Horizonte - BRASIL email: mllibanio@ehr.ufmg.br , van_lopes@yahoo.com.br . Telefone : (31) 3238-1004

Comentário:				
Lavagem Auxiliar com Água	<i>Incluir</i>	<i>Não Incluir</i>	<i>Indeciso</i>	<i>Peso</i>
Comentário:				
Tc (Tempo de detenção no tanque de contato)	<i>Incluir</i>	<i>Não Incluir</i>	<i>Indeciso</i>	<i>Peso</i>
Comentário:				
Nch (Número de Chincanas no tanque de contato)	<i>Incluir</i>	<i>Não Incluir</i>	<i>Indeciso</i>	<i>Peso</i>
Comentário:				
Grau de Instrução	<i>Incluir</i>	<i>Não Incluir</i>	<i>Indeciso</i>	<i>Peso</i>
Comentário:				
Inclua seu parâmetro:	<i>Incluir</i>	<i>Não Incluir</i>	<i>Indeciso</i>	<i>Peso</i>
Comentário:				



UNIVERSIDADE FEDERAL DE MINAS GERAIS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM SANEAMENTO, MEIO AMBIENTE E RECURSOS
HÍDRICOS

Projeto:	Proposição de um Índice para Avaliação do Desempenho de Estações Convencionais de Tratamento de Água – CNPq Edital Universal 2002.
Contato:	<i>Av. Contorno 842 - 8o andar , 30110 – 060, Belo Horizonte - BRASIL</i> email: mllibanio@ehr.ufmg.br , van_lopes@yahoo.com.br . Telefone : (31) 3238-1004

Inclusão de Novos Parâmetros e Comentários Adicionais:

APÊNDICE II

Respostas dos painelistas ao primeiro e segundo questionários

Na Tabela 9-1 são apresentadas as respostas dos painelistas aos questionários. A letra A significa a resposta de um painalista ao primeiro questionário e a letra B a resposta do mesmo painalista aos segundo questionário.

Já na Tabela 9-2 são apresentados todos os comentários realizados pelos painelistas no primeiro questionário. Estes foram enviados juntos com um sumário numérico das respostas do primeiro questionário a todos os painelistas durante a realização da segunda rodada de questionários.

Tabela 9-1 – Pesos dados pelos painelistas aos parâmetros selecionados com *Incluir*

	I A	I B	II A	II B	III A	III B	IV A	VI B	V A	V B	VI A	VI B	VII A	VII B	VIII A	VIII B	IX A	IX B	X A	X B	XI A	XI B	XII A	XII B	XIII A	XIII B	XIV A	XIV B	XV A	XV B	XVI A	XVI B
G _{MR}	100	40	10	30	20	80	80	80	60	100	100	100	100	100		50	80		100	100	10	10		90	20	30	35	80	40	40	100	100
T _{MR}	60	20	10	20		20	10	20	50	30	100	70	100	100		50	100		100	100	10	10		80	20	20	35	40	20	20		
J _{test}	100	20	80	100		50	40	50	100	100	100	100	50	50	80	80	100		100	100	40	40		80	100	100	45	80	50	50		
G _f	80	60	30	70	50	100	80	70	60	100	100	80	50	50	60	60	80		90	100	50	50		100	70	70	40	100	60	60	100	100
T _f	80	60	30	70	30	80	70	70	60	80	100	100	50	50	60	60	100		90	65	50	50		90	80	70	40	90	70	70		
δ _p	100	20	20	30	10	60	60	80	30	30	30	50		20	50	50			90	100	50	50		80	30	30	30	80			70	70
N _c			20				50	60	50	50	80	80	50	50	60	50	80			90	50	50					35	90	10	10		
V _c		40	30		20		60	60	50				10	10	50	50	50		90	90	50	50		70			30	80	20	20	100	100
G _{com}	100	40	30		20	60	30	60	70	70		70	50	50	50	50			90	90	50	50		70			30	80			100	100
G _{cor}	100	40	30	30	20	60	30	60	80	80		30	50	50	50	50	100		90	90	50	50		80	20	30	40	90	20	20		50
V _s	100	90	50	80	80	100	80	80	80	80	100	100	50	50	90	80	100		80	100	50	50		100	80	80	35	100	80	80	100	100
V _L			30				50	60	70	70	70	70	50	50		40	100		80	100	30	30		80			35	90	30	30	50	50
Q _L		20	20	70	20		80	70	70	70	50	50	75	75	80	80	50		80	100	40	40		90	70	70	40	95	30	30	100	100
T _{fil}	100	80	20	100	70	100	80	80	100	100	100	100	100	100	100	100	100		70	100	70	70		100	100	100	35	100	80	80	100	100
D _{carr}	100	30		80		50	80	80	60	60		30	50	50	50	50	50		70	62	10	10			100	80	50	50	70	70		
Exp	70		20			10	80	70	50	70		30	50	50	70	70	50		70	56	70	70		70			30	60	40	40		
V _{asc}	100	30			30	80	60	60	60	70	80	80	50	50			50		70	60	70	70		80			35	85	10	10	50	50
L _{ar}	50		20			10	60	70	60	80	70	70	20	20			100			50	30	30					40	70	10	10	50	50
L _{água}	30		20			10	100	80	40				20	20	70	60			70	70							20	30			50	50
T _c		20	30	50			60	70	80	80	100	100		50		50	100		100	100	40	40		80	20	50	30	60			100	100
N _{ch}			10				100	80				20		20		40	50		100	100							30	45	30	30		
GI	80	50	100	50	30	80	80	80	80	100	70	70	50	50	80	80	100		100	100	70	70		80		50	50	95	30	30	100	100

Tabela 9-2 – Comentários realizados pelos painelistas no primeiro questionário

Gmr (Gradiente de velocidade da Mistura Rápida)	
	Principalmente em ETAs com mais de um canal de água coagulada, a coagulação deve e tem que ocorrer de forma uniforme, ocasionada também pela qualidade da mistura rápida.
	Ficar bem claro que é importante o Gr e não o Gmr, diria importantíssimo, e não rotação quando o equipamento mecanizado ("Jar-test" é um exemplo clássico). Considerar a importância do ponto de aplicação, principalmente quando não for MR rápida do tipo resalto.
	A importância do parâmetro é função da coagulação da ETA. Um peso maior para filtração direta e menor para ETA convencional devido à diferença no mecanismo de coagulação.
	Compará-lo com o mínimo exigido por norma; G elevado para efeito de M.R., é irrelevante (a não ser na desestabilização por adsorção-neutralização de cargas) De qualquer forma nem sempre é fácil avaliar seu valor.
	De $800s^{-1}$ a $1200s^{-1}$, possível de alcançar com ressaltos fracos, estáveis, de baixa perda de carga.
	Em se tratando de ETA's tipo convencional, ou seja, com a presença das etapas de floculação e decantação, o mecanismo de coagulação passa a ser o de varredura, onde as condições de mistura rápida passam a ter uma importância menor. É claro que existe a necessidade de homogeneização suficiente entre o coagulante e a água bruta e, portanto a exigência de um Gmr mínimo, superior a $500 s^{-1}$
Tmr (Tempo de reação da Mistura Rápida)	
	Não falar em tempo de agitação, mas sim detenção ou de <u>Reação</u> (adsorção ou varredura – em função da coagulação)
	Nem sempre é fácil avaliar seu valor.
	Considerar < 1s, devido o tempo de hidrólise do coagulante
	Pelos mesmos motivos expostos acima. Evidentemente que, o valor de Tmr deverá ser limitado a um valor máximo que não provoque o início da floculação, limitando-o a 30 s
Realização dos ensaios de "Jar Test"	
	Incluir o ensaio de "Jar Test", entretanto, como instrumento de construção de curvas de dosagens (dosagem de coagulante x turbidez/ cor da água bruta) em valores diferentes de pH de coagulação e não como rotina a ser executada pelo operador. É muito importante liberar o operador, com sua atenção voltada ao processo de tratamento.
	Se houver um histórico de qualidade da água que permite estabelecer as dosagens de coagulante, este pode ser omitido.
	Verificação da importância, ou não, do adimensional G.T, principalmente quando o G da M.R. fornecido pelo equipamento do ensaio for < $500s^{-1}$ (<500rpm) . A Geração de uma relação dosagem e pH (Diagrama de Coagulação) poderia gerar um indicador de qualidade em função do residual de coagulante.
	Ajuda muito, mas nem sempre é necessário realizá-lo sempre para obtenção de bons resultados.
	Deveria ser "realização rotineira de ..."

Desde que aferido com o processo. (Tempo de agitação , gradientes, etc para a ETA).
De fundamental importância, principalmente quando a qualidade da água do manancial é variável em função de chuvas ou outros fatores. A construção de diagramas de coagulação para cada faixa de variação da qualidade da água bruta e tipos diferentes de coagulantes utilizados são muito importantes, além dos outros parâmetros da floculação.
A realização desses ensaios só seria válida se o operador for muito bem capacitado para tal e que saiba interpretar os resultados.
Gf (Gradiente de velocidade da Floculação)
Os gradientes de velocidades da floculação são mais relevantes em águas que apresentam baixos valores de turbidez e menos significativos em altos valores de turbidez.
Importante quando for na adsorção , para filtração direta. Também com o uso de polímeros ...
Embora os valores deles variem muito com a qualidade da água, não haverá filtração e decantação adequados sem uma boa floculação.
Equipamentos mais modernos, utilizam muito menos potência para os mesmos resultados. Tenho verificado por análise visual, Kw/m3. Gradientes decrescentes é importante.
Parâmetro fundamental para o sucesso da clarificação da água por decantação.
Tf (Tempo de Floculação)
Muito importante para águas de baixos valores de turbidez.
Idêntico ao do item anterior.
5 a 30 minutos conforme processo, número de câmaras. 5 a 10 min para meio granular.
Idem ao anterior, e de grande influência sobre os valores ótimos de Gf.
δp (Gradiente de velocidade nas passagens entre as câmaras)
O cuidado com a perda de carga , gera gradientes normalmente baixos
A inclusão desse parâmetro é importante para impedir a quebra de flocos
Nc (número de câmaras)
A influência do curto circuito, principalmente em ETAs com sistemas não hidráulicos
Mínimo de 3 para mecânicos. Com chicanas entre 20 e 40, ou meio granular.
Este parâmetro fica sem sentido se não for associado ao tipo de floculador, visto que os critérios de compartimentação são totalmente diferentes caso o floculador seja hidráulico ou mecanizado. Sugiro que este item seja substituído por COMPARTIMENTAÇÃO DO FLOCULADOR, pois esta é uma condição que também é importante numa ETA. Daria peso 90 a este novo item.
Importante incluir para minimizar curtos-circuitos e permitir o escalonamento dos valores do Gf
Vc (Velocidade média de escoamento no Canal de Água Floculada)
Acharia mais interessante incluir o valor de G nestes canais, e, principalmente, quando a derivação lateral para os decantadores

Considerar não sedimentar e nem cisalhar flocos.
Impedir a quebra de flocos no caminho até a entrada dos decantadores.
Gcom (Gradiente de velocidade nas comportas de acesso ao Decantador)
A maioria das ETAs no Brasil opera com sobretaxas, e são, infelizmente, raros os cuidados com as velocidades nas passagens para o decantador. É necessário comentar que o decantador é a grande barreira sanitária de uma ETA, se bem operada e dimensionada.
Colocado no item acima. É um fator despercebido das ETAs. Porém, iria produzir flocos pequenos. Turbidez de água decantada → Qualidade H2O filtrada e tempo de operação dos filtros.l
O cuidado com a perda de carga, gera gradientes normalmente baixos.
Impedir quebra de flocos.
Esse parâmetro é importante, mas a distribuição de vazões nas várias comportas deve ser analisada.
Gcor (Gradiente de velocidade através dos orifícios da Cortina de Distribuição de água floculada)
Quando houver decantador* . Para filtração direta ... * Do tipo Convencional . Quando for do chamado alta taxa não há cortinas e sim canal.
Qualquer dispositivo de distribuição < 20 s ⁻¹ . Cortinas, normalmente em decantadores convencionais.
Impedir quebra de flocos.
Vs (Velocidade de Sedimentação ou taxa de aplicação superficial)
Norma trata disso.
Parâmetro fundamental para a eficiência da clarificação.
VI (Velocidade Longitudinal de escoamento)
Norma trata disso.
Evitar a ressuspensão do lodo sedimentado.
QL (Vazão linear de coleta de água decantada, l/s.m)
Incluir o perímetro de recolhimento sobre a área total na qual este perímetro esteja instalado ou distribuído. (se incluir → peso = 100)
Seria interessante se houvesse um conhecimento > do caminhamento das calhas de fluxo de água no reator.
Norma trata disso.
Limitar o arraste de flocos na saída do decantador.
Verificar também o nivelamento dessas calhas, para garantir vazões de coleta igual ao longo das mesmas.
Tfilt (Taxa de Filtração)
A importância da taxa de filtração esta associada a sua concepção (camada simples, dupla camada, etc.)
É a barreira final.
Conforme os tipos de filtros e leitos.
Parâmetro fundamental, correlacionado com o tipo e espessuras dos meios filtrantes utilizados e duração das

carreiras de filtração.
Depende do tipo, material do meio filtrante, etc.
Duração da Carreira de Filtração
A taxa de filtração sendo controlada, este parâmetro tem diminuído seu valor.
> 24 h
Parâmetro secundário em termos de importância e decorrente de outros fatores, tais como, método de operação dos filtros, taxas de filtração adotadas e meio filtrante.
Expansão do Leito Filtrante
Esta de certa forma associado ao parâmetro <i>velocidade ascensional de lavagem</i> .
<p>Seria um processo de controlar a influência da areia. Acho que as características presentes na curva granulométrica dos meios filtrantes poderiam ser melhor consideradas (ver esquema abaixo).</p> <p>Exemplo: Curva granulométrica do meio filtrante</p> <p>As areias tem mesmo σ_e, D60 e CD, porém a disposição dos grãos e conseqüentemente a qualidade da água, tempo de lavagem e expansão ótimas seriam diferentes. O mesmo ocorreria em filtro de dupla camada.</p>
Conseqüência.
Fundamental para que haja boa eficiência na lavagem do material filtrante.
Velocidade ascensional de lavagem
De acordo com o leito especificado. Normalmente só para reclassificar o leito.
Lavagem Auxiliar com Ar
Principalmente ao ser pensado na economia de água de lavagem, qual a influência na admissão desta importante consideração. Economia água de lavagem \leftarrow Ar \rightarrow Qualidade da água filtrada.
0,9 a 1,0 m ³ /m ² .minuto
Pelo que sei, esta é uma técnica que se justifica apenas em ETA de grande porte com filtros de dupla camada

(antracito e areia), que não é o caso da maioria das ETAs brasileiras. E além disso, o fato de uma ETA não dispor desse recurso não significa que seus filtros funcionem pior do que os de uma ETA que conte com tal tipo de lavagem auxiliar.
Importante para garantir uma boa lavagem e economia de água e de instalações de tratamento dos lodos.
Difícil avaliação no local.
Lavagem Auxiliar com Água
(superficial?) Não explicitado o processo.
Em desuso.
O uso do ar como auxiliar evita a necessidade de dispositivos que utilizem água como auxiliar nas lavagens.
Tc (Tempo de detenção no tanque de contato)
Parâmetro fundamental!!!
Controle de microorganismos é fundamental: vírus. Principalmente seria bom considerar o tempo de contato entre adicionar desinfetante e a correção de pH. Este intervalo seria importantíssimo.
Melhor seria “tempo de detenção <u>efetivo</u> ...”
Conforme Norma, mínimo 30 minutos.
Fundamental para que as espécies mais efetivas de cloro sejam as responsáveis pela efetiva desinfecção.
Acho mais importante o tanque de contato. Tenho esta impressão.
Evitar curtos circuitos.
Não é pelo número de chicanas que se controlam os possíveis problemas de curtos-circuitos e zonas mortas.
Depende da qualidade da água bruta, coagulantes, polímeros, etc.
Grau de instrução da equipe de operação da ETA
O grau de instrução precisa ser bem avaliado, na minha experiência, a falta de formação acadêmica pode comprometer, entretanto, o excesso de formação pode levar a falta de objetividade.
(Equipamentos.) (De Controle?) Acho que deveria ser pensado nos equipamentos de controle de qualidade. Não adianta ter equipe de bom nível sem o respectivo suporte
Importante. Normalmente desprezado.
A equipe responsável pela operação da ETA deverá ter grau de instrução adequado além de treinamento específico para a garantia da produção de água potável de forma permanente.
Muito importante, desde que seja considerada a capacitação técnica para tratamento de água.
Filtração com taxa constante
As aberturas das válvulas de efluentes dos filtros, de forma manual ou por instrumentos, que ocorrem durante as carreiras de filtração, geralmente, comprometem a qualidade da água filtrada, o que dificulta a obtenção de valores de turbidez <0,5 UT em 100% do tempo.
Filtração com taxa declinante variável

<p>O aumento da taxa de filtração, durante a lavagem de um dos filtros, geralmente, em carreiras elevadas, pode provocar um arraste de parte do material retido no leito filtrante (microorganismos, metais, etc)</p> <p>A vantagem sobre este tipo de filtração, sobre a taxa constante, está no fato de que o problema acima citado não é também provocado pelas aberturas das válvulas efluentes, pois uma vez posto em operação, somente se aciona a válvula efluente no momento da lavagem.</p>
Presença de produtos resultantes de processos oxidativos na água (ácido haloacéticos, THMs, etc.
<p>Acho saudável a inclusão do acompanhamento, da evolução e produção de produtos resultantes da oxidação que aconteçam ao longo da ETA, na saída de água do reservatório da ETA (T>8,0 horas)</p>
Residuais de Coagulantes
<p>Também a inclusão de residuais de coagulantes (de Fe e Al), que podem interferir na saúde dos diferentes consumidores.</p> <p>- Problemas geriátricos, mal de Alzheimer por exemplo.</p>
Parâmetros de controle
físico químicos/bacteriológicos
Sinais visíveis de retromistura na M.R.
Deveria haver algo, ainda que qualitativo
Sinais visíveis de Curtos-circuitos no floculador
Deveria haver algo, ainda que qualitativo
Sinais visíveis de Curtos-circuitos nos decantadores
Deveria haver algo, ainda que qualitativo
Sinais visíveis de distribuição desigual nos decantores
Deveria haver algo, ainda que qualitativo
Qualidade da água bruta
<p>Aqui acho que deveria ser selecionados e ponderados os principais (turbidez, cor, pH, alcalinidade, oxigênio consumido, absorvância 254nm ou COT, alcalinidade, dureza, coliformes totais, E.Coli, etc.</p>
Estado geral da Casa de Química
<p>A casa de química é parte integrante da ETA e seu arranjo e estado geral é de fundamental importância na segurança operacional do sistema!</p>
Estado geral do Laboratório da ETA
Equipamentos do laboratório, turbidímetros, pHmetros, vidrarias, “jar test”, etc
Segurança operacional da Casa de Química
Bombas de dosagem, estado das mesmas, sistemas de reservação.
Concepção dos filtros
Camada simples, dupla, etc.

Versatilidade da planta	
	Possibilidade de troca de produtos químicos ou até de processo, dependendo da água bruta.
Monitoramento contínuo e equipe de auditoria	
	Seriam importantes para se verificar os resultados reais da qualidade da água
Comentários Adicionais	
	A lógica que adotei para pontuar os tópicos foi o de considerar como operações principais numa ETA a mistura rápida/ coagulação e a desinfecção (a cujos parâmetros atribui peso 100), seguidas da floculação (cujos parâmetros pontuei com 90), da decantação (peso 80) e filtração (peso 70).
	E sobre a casa-de-química não entra na análise ?
	Deve ser levado em conta também parâmetros da qualidade da água bruta que indiquem a adequabilidade dessa água a uma ETA do tipo convencional, para não levar a interpretação inadequada do IQETA.

APÊNDICE III

Resultados da 2ª rodada transformados

A Tabela 9-3 apresenta as pontuações atribuídas a cada parâmetro pelos painelistas divididas pelo total de pontos distribuídos pelo painelista.

Tabela 9-3 – Pontuações do 2º questionário divididas pelo total de pontos distribuídos por cada painelista

	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	XIII	XIV	XV	XVI
G _{MR}	6,1	3,8	8,4	5,4	7,0	7,1	9,0	4,2		5,2	1,1	6,3	3,8	4,7	5,7	8,2
T _{MR}	3,0	2,6	2,1	1,3	2,1	5,0	9,0	4,2		5,2	1,1	5,6	2,6	2,4	2,9	0,0
J _{test}	3,0	12,8	5,3	3,4	7,0	7,1	4,5	6,7		5,2	4,5	5,6	12,8	4,7	7,1	0,0
G _f	9,1	9,0	10,5	4,7	7,0	5,7	4,5	5,0		5,2	5,6	7,0	9,0	5,9	8,6	8,2
T _f	9,1	9,0	8,4	4,7	5,6	7,1	4,5	5,0		3,4	5,6	6,3	9,0	5,3	10,0	0,0
δ _p	3,0	3,8	6,3	5,4	2,1	3,6	1,8	4,2		5,2	5,6	5,6	3,8	4,7	0,0	5,7
N _c	0,0	0,0	0,0	4,0	3,5	5,7	4,5	4,2		4,7	5,6	0,0	0,0	5,3	1,4	0,0
V _c	6,1	0,0	0,0	4,0	0,0	0,0	0,9	4,2		4,7	5,6	4,9	0,0	4,7	2,9	8,2
G _{co}	6,1	0,0	6,3	4,0	4,9	5,0	4,5	4,2		4,7	5,6	4,9	0,0	4,7	0,0	8,2
G _{cor}	6,1	3,8	6,3	4,0	5,6	2,1	4,5	4,2		4,7	5,6	5,6	3,8	5,3	2,9	4,1
V _s	13,6	10,3	10,5	5,4	5,6	7,1	4,5	6,7		5,2	5,6	7,0	10,3	5,9	11,4	8,2
V _L	0,0	0,0	0,0	4,0	4,9	5,0	4,5	3,3		5,2	3,4	5,6	0,0	5,3	4,3	4,1
Q _L	3,0	9,0	0,0	4,7	4,9	3,6	6,7	6,7		5,2	4,5	6,3	9,0	5,6	4,3	8,2
T _{nit}	12,1	12,8	10,5	5,4	7,0	7,1	9,0	8,3		5,2	7,9	7,0	12,8	5,9	11,4	8,2
D _{carr}	4,5	10,3	5,3	5,4	4,2	2,1	4,5	4,2		3,2	1,1	0,0	10,3	3,0	10,0	0,0
Exp	0,0	0,0	1,1	4,7	4,9	2,1	4,5	5,8		2,9	7,9	4,9	0,0	3,6	5,7	0,0
V _{asc}	4,5	0,0	8,4	4,0	4,9	5,7	4,5	0,0		3,1	7,9	5,6	0,0	5,0	1,4	4,1
L _{ar}	0,0	0,0	1,1	4,7	5,6	5,0	1,8	0,0		2,6	3,4	0,0	0,0	4,1	1,4	4,1
L _{água}	0,0	0,0	1,1	5,4	0,0	0,0	1,8	5,0		3,6	0,0	0,0	0,0	1,8	0,0	4,1
T _c	3,0	6,4	0,0	4,7	5,6	7,1	4,5	4,2		5,2	4,5	5,6	6,4	3,6	0,0	8,2
N _{ch}	0,0	0,0	0,0	5,4	0,0	1,4	1,8	3,3		5,2	0,0	0,0	0,0	2,7	4,3	0,0
GI	7,6	6,4	8,4	5,4	7,0	5,0	4,5	6,7		5,2	7,9	5,6	6,4	5,6	4,3	8,2

Tabela 9-4 – Porcentagem de Inclusão de cada parâmetro

Parâmetro	% de Inclusão	%de não Inclusão
G_{MR}	100	0
T_{MR}	93	7
Jtest	93	7
G_f	100	0
T_f	93	7
δp	93	7
N_c	60	40
V_c	67	33
G_{com}	80	20
G_{cor}	100	0
V_s	100	0
V_L	73	27
Q_L	93	7
T_{filt}	100	0
D_{carr}	87	13
Exp	73	27
Vasc	80	20
L_{ar}	67	33
$L_{água}$	53	47
T_c	87	13
N_{ch}	47	53
GI	100	0

Tabela 9-5 – Valores da Tabela 3 multiplicados pela % de inclusão

Parâmetro	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	XIII	XIV	XV	XVI	Mediana
G _{MR}	6,06	3,84	8,42	5,36	7,04	7,14	8,96	4,16		5,2	1,12	6,33	3,84	4,73	5,71	8,19	5,74
T _{MR}	2,82	2,39	1,96	1,25	1,97	4,66	8,37	3,88		4,85	1,04	5,25	2,39	2,20	2,66		3,27
J _{test}	2,82	11,9	4,91	3,13	6,57	6,66	4,18	6,22		4,85	4,19	5,25	11,9	4,41	6,66		5,99
G _f	9,09	8,97	10,5	4,69	7,04	5,71	4,48	5		5,2	5,61	7,04	8,97	5,91	8,57	8,19	7,00
T _f	8,48	8,37	7,86	4,38	5,25	6,66	4,18	4,66		3,15	5,24	5,91	8,37	4,97	9,33		6,21
δ _p	2,82	3,59	5,89	5,01	1,97	3,33	1,67	3,88		4,85	5,24	5,25	3,59	4,41		5,35	4,07
N _c				2,41	2,11	3,42	2,69	2,5		2,80	3,37			3,19	0,85		2,60
V _c	4,04			2,68			0,59	2,77		3,12	3,74	3,28		3,15	1,90	5,46	3,08
G _{co}	4,84		5,05	3,22	3,94	4	3,58	3,33		3,74	4,49	3,94		3,78		6,55	4,21
G _{cor}	6,06	3,84	6,31	4,02	5,63	2,14	4,48	4,16		4,68	5,61	5,63	3,84	5,32	2,85	4,09	4,58
V _s	13,6	10,2	10,5	5,36	5,63	7,14	4,48	6,66		5,2	5,61	7,04	10,2	5,91	11,4	8,19	7,82
V _L				2,95	3,61	3,66	3,28	2,44		3,81	2,47	4,13		3,90	3,14	3,00	3,31
Q _L	2,82	8,37		4,38	4,60	3,33	6,27	6,22		4,85	4,19	5,91	8,37	5,24	4	7,65	5,45
T _{filt}	12,1	12,8	10,5	5,36	7,04	7,14	8,96	8,33		5,2	7,86	7,04	12,8	5,91	11,4	8,19	8,72
D _{carr}	3,93	8,88	4,56	4,65	3,66	1,85	3,88	3,61		2,79	0,97		8,88	2,56	8,66		4,53
Exp		0	0,77	3,44	3,61	1,57	3,28	4,27		2,13	5,76	3,61		2,60	4,19		3,31
V _{asc}	3,63	0	6,73	3,22	3,94	4,57	3,58			2,49	6,29	4,50		4,02	1,14	3,27	
L _{ar}		0	0,70	3,13	3,75	3,33	1,19			1,73	2,24			2,76	0,95	2,73	1,82
L _{água}		0	0,56	2,86			0,95	2,66		1,94				0,94		2,18	
T _c	2,62	5,55		4,07	4,88	6,19	3,88	3,61		4,50	3,89	4,88	5,55	3,07		7,10	4,60
N _{ch}				2,50		0,66	0,83	1,55		2,42				1,24	2		1,61
GI	7,57	6,41	8,42	5,36	7,04	5	4,48	6,66		5,2	7,86	5,63	6,41	5,62	4,28	8,19	6,28

Tabela 9-6– Cálculo dos pesos finais de cada parâmetro

Parâmetros	Mediana	Peso = Mediana/Total
G _{MR}	5,74	0,06
T _{MR}	3,27	0,03
J _{test}	5,99	0,06
G _f - T _f	13,21	0,14
δ _p	4,07	0,04
N _c	2,60	0,03
V _c	3,08	0,03
G _{com}	4,21	0,04
G _{cor}	4,58	0,05
V _s	7,82	0,08
V _L	3,31	0,04
Q _L	5,45	0,06
T _{filt}	8,72	0,09
D _{carr}	4,53	0,05
Exp/ Vasc	3,31	0,04
L _{aux}	1,82	0,02
T _c	4,60	0,05
N _{ch}	1,61	0,02
GI	6,28	0,07
Total	94,20	

APÊNDICE IV

Parte da tabela utilizada para a construção do gráfico referente ao critério de pontuação para G_f-T_f para floculadores mecanizados

G (s ⁻¹)	T(s)	GxT	No	Nm	No/Nm	Fator A	Fator B	Fator C	Fator D	Pontos
0	800	0	1,00	1,00	1,00	0,12	0,00	0,67	0,00	0
1	800	800	1,27	1,00	1,27	0,15	0,10	0,67	0,03	0
5	800	4000	2,35	1,02	2,31	0,27	0,50	0,67	0,13	1
10	800	8000	3,70	1,06	3,48	0,41	1,00	0,67	0,27	7
15	800	12000	5,06	1,15	4,41	0,52	1,00	0,67	0,40	14
20	800	16000	6,41	1,26	5,09	0,60	1,00	0,67	0,53	21
25	800	20000	7,76	1,40	5,53	0,65	1,00	0,67	0,67	29
30	800	24000	9,11	1,58	5,76	0,68	1,00	0,67	0,80	36
35	800	28000	10,46	1,79	5,84	0,69	1,00	0,67	0,93	43
40	800	32000	11,82	2,03	5,81	0,68	1,00	0,67	1,00	46
45	800	36000	13,17	2,31	5,71	0,67	1,00	0,67	1,00	45
50	800	40000	14,52	2,61	5,55	0,65	1,00	0,67	1,00	44
55	800	44000	15,87	2,95	5,37	0,63	1,00	0,67	1,00	42
60	800	48000	17,22	3,32	5,18	0,61	1,00	0,67	1,00	41
65	800	52000	18,58	3,73	4,98	0,59	1,00	0,67	1,00	39
70	800	56000	19,93	4,16	4,79	0,56	1,00	0,67	1,00	38
75	800	60000	21,28	4,63	4,59	0,54	0,93	0,67	1,00	34
80	800	64000	22,63	5,13	4,41	0,52	0,88	0,67	1,00	30
85	800	68000	23,98	5,66	4,23	0,50	0,82	0,67	1,00	27
90	800	72000	25,34	6,23	4,07	0,48	0,78	0,67	1,00	25
95	800	76000	26,69	6,83	3,91	0,46	0,74	0,67	1,00	23
100	800	80000	28,04	7,46	3,76	0,44	0,70	0,67	1,00	21
105	800	84000	29,39	8,12	3,62	0,43	0,67	0,67	1,00	19
110	800	88000	30,74	8,81	3,49	0,41	0,64	0,67	1,00	17
0	900	0	1,00	1,00	1,00	0,12	0,00	0,75	0,00	0
1	900	900	1,30	1,00	1,30	0,15	0,10	0,75	0,03	0
5	900	4500	2,52	1,02	2,48	0,29	0,50	0,75	0,15	2
10	900	9000	4,04	1,07	3,77	0,44	1,00	0,75	0,30	10
15	900	13500	5,56	1,16	4,78	0,56	1,00	0,75	0,45	19
20	900	18000	7,08	1,29	5,49	0,65	1,00	0,75	0,60	29
25	900	22500	8,61	1,45	5,92	0,70	1,00	0,75	0,75	39
30	900	27000	10,13	1,65	6,12	0,72	1,00	0,75	0,90	49
35	900	31500	11,65	1,89	6,16	0,73	1,00	0,75	1,00	54
40	900	36000	13,17	2,16	6,09	0,72	1,00	0,75	1,00	54
45	900	40500	14,69	2,47	5,95	0,70	1,00	0,75	1,00	52
50	900	45000	16,21	2,82	5,76	0,68	1,00	0,75	1,00	51
55	900	49500	17,73	3,20	5,55	0,65	1,00	0,75	1,00	49
60	900	54000	19,25	3,61	5,33	0,63	1,00	0,75	1,00	47
65	900	58500	20,77	4,07	5,11	0,60	1,00	0,75	1,00	45
70	900	63000	22,29	4,56	4,89	0,58	1,00	0,75	1,00	43
75	900	67500	23,82	5,09	4,68	0,55	0,93	0,75	1,00	39
80	900	72000	25,34	5,65	4,49	0,53	0,88	0,75	1,00	35
85	900	76500	26,86	6,25	4,30	0,51	0,82	0,75	1,00	31
90	900	81000	28,38	6,88	4,12	0,49	0,78	0,75	1,00	28
95	900	85500	29,90	7,55	3,96	0,47	0,74	0,75	1,00	26
100	900	90000	31,42	8,26	3,80	0,45	0,70	0,75	1,00	23
105	900	94500	32,94	9,01	3,66	0,43	0,67	0,75	1,00	22
110	900	99000	34,46	9,79	3,52	0,41	0,64	0,75	0,97	19
0	1000	0	1,00	1,00	1,00	0,12	0,00	0,83	0,00	0
1	1000	1000	1,34	1,00	1,34	0,16	0,10	0,83	0,03	0
5	1000	5000	2,69	1,02	2,64	0,31	0,50	0,83	0,17	2

10	1000	10000	4,38	1,08	4,05	0,48	1,00	0,83	0,33	13
15	1000	15000	6,07	1,18	5,14	0,60	1,00	0,83	0,50	25
20	1000	20000	7,76	1,32	5,87	0,69	1,00	0,83	0,67	38
25	1000	25000	9,45	1,50	6,28	0,74	1,00	0,83	0,83	51
30	1000	30000	11,14	1,73	6,45	0,76	1,00	0,83	1,00	63
35	1000	35000	12,83	1,99	6,45	0,76	1,00	0,83	1,00	63
40	1000	40000	14,52	2,29	6,34	0,75	1,00	0,83	1,00	62
45	1000	45000	16,21	2,63	6,15	0,72	1,00	0,83	1,00	60
50	1000	50000	17,90	3,02	5,93	0,70	1,00	0,83	1,00	58
55	1000	55000	19,59	3,44	5,69	0,67	1,00	0,83	1,00	56
60	1000	60000	21,28	3,91	5,45	0,64	1,00	0,83	1,00	53
65	1000	65000	22,97	4,41	5,21	0,61	1,00	0,83	1,00	51
70	1000	70000	24,66	4,95	4,98	0,59	1,00	0,83	1,00	49
75	1000	75000	26,35	5,54	4,76	0,56	0,93	0,83	1,00	44
80	1000	80000	28,04	6,16	4,55	0,54	0,88	0,83	1,00	39
85	1000	85000	29,73	6,83	4,35	0,51	0,82	0,83	1,00	35
90	1000	90000	31,42	7,54	4,17	0,49	0,78	0,83	1,00	32
95	1000	95000	33,11	8,28	4,00	0,47	0,74	0,83	1,00	29
100	1000	100000	34,80	9,07	3,84	0,45	0,70	0,83	0,96	25
105	1000	105000	36,49	9,90	3,69	0,43	0,67	0,83	0,91	22
110	1000	110000	38,18	10,76	3,55	0,42	0,64	0,83	0,87	19
0	1100	0	1,00	1,00	1,00	0,12	0,00	0,92	0,00	0
1	1100	1100	1,37	1,00	1,37	0,16	0,10	0,92	0,04	0
5	1100	5500	2,86	1,02	2,80	0,33	0,50	0,92	0,18	3
10	1100	11000	4,72	1,09	4,33	0,51	1,00	0,92	0,37	17
15	1100	16500	6,58	1,20	5,48	0,64	1,00	0,92	0,55	33
20	1100	22000	8,44	1,36	6,23	0,73	1,00	0,92	0,73	49
25	1100	27500	10,30	1,55	6,62	0,78	1,00	0,92	0,92	65
30	1100	33000	12,15	1,80	6,76	0,79	1,00	0,92	1,00	73
35	1100	38500	14,01	2,09	6,71	0,79	1,00	0,92	1,00	72
40	1100	44000	15,87	2,42	6,56	0,77	1,00	0,92	1,00	71
45	1100	49500	17,73	2,80	6,34	0,75	1,00	0,92	1,00	68
50	1100	55000	19,59	3,22	6,09	0,72	1,00	0,92	1,00	66
55	1100	60500	21,45	3,69	5,82	0,68	1,00	0,92	1,00	63
60	1100	66000	23,31	4,20	5,56	0,65	1,00	0,92	1,00	60
65	1100	71500	25,17	4,75	5,30	0,62	1,00	0,92	1,00	57
70	1100	77000	27,03	5,35	5,05	0,59	1,00	0,92	1,00	54
75	1100	82500	28,89	5,99	4,82	0,57	0,93	0,92	1,00	49
80	1100	88000	30,74	6,68	4,60	0,54	0,88	0,92	1,00	43
85	1100	93500	32,60	7,41	4,40	0,52	0,82	0,92	1,00	39
90	1100	99000	34,46	8,19	4,21	0,50	0,78	0,92	0,97	34
95	1100	104500	36,32	9,01	4,03	0,47	0,74	0,92	0,92	29
100	1100	110000	38,18	9,88	3,87	0,45	0,70	0,92	0,87	25
105	1100	115500	40,04	10,79	3,71	0,44	0,67	0,92	0,83	22
110	1100	121000	41,90	11,74	3,57	0,42	0,64	0,92	0,79	19
0	1200	0	1,00	1,00	1,00	0,12	0,00	1,00	0,00	0
1	1200	1200	1,41	1,00	1,40	0,17	0,10	1,00	0,04	0
5	1200	6000	3,03	1,02	2,96	0,35	0,50	1,00	0,20	3
10	1200	12000	5,06	1,10	4,61	0,54	1,00	1,00	0,40	22
15	1200	18000	7,08	1,22	5,82	0,68	1,00	1,00	0,60	41
20	1200	24000	9,11	1,39	6,57	0,77	1,00	1,00	0,80	62
25	1200	30000	11,14	1,61	6,94	1,00	1,00	1,00	1,00	100

30	1200	36000	13,17	1,87	7,04	1,00	1,00	1,00	1,00	100
35	1200	42000	15,20	2,19	6,95	1,00	1,00	1,00	1,00	100
40	1200	48000	17,22	2,55	6,76	1,00	1,00	1,00	1,00	100
45	1200	54000	19,25	2,96	6,50	1,00	1,00	1,00	1,00	100
50	1200	60000	21,28	3,42	6,22	1,00	1,00	1,00	1,00	100
55	1200	66000	23,31	3,93	5,93	1,00	1,00	1,00	1,00	100
60	1200	72000	25,34	4,49	5,65	1,00	1,00	1,00	1,00	100
65	1200	78000	27,36	5,09	5,37	1,00	1,00	1,00	1,00	100
70	1200	84000	29,39	5,75	5,12	1,00	1,00	1,00	1,00	100
75	1200	90000	31,42	6,45	4,87	0,57	0,93	1,00	1,00	54
80	1200	96000	33,45	7,20	4,65	0,55	0,88	1,00	1,00	48
85	1200	102000	35,48	8,00	4,44	0,52	0,82	1,00	0,94	40
90	1200	108000	37,50	8,84	4,24	0,50	0,78	1,00	0,89	34
95	1200	114000	39,53	9,74	4,06	0,48	0,74	1,00	0,84	30
100	1200	120000	41,56	10,68	3,89	0,46	0,70	1,00	0,80	26
105	1200	126000	43,59	11,68	3,73	0,44	0,67	1,00	0,76	22
110	1200	132000	45,62	12,72	3,59	0,42	0,64	1,00	0,73	20
0	1300	0	1,00	1,00	1,00	0,12	0,00	1,00	0,00	0
1	1300	1300	1,44	1,00	1,44	0,17	0,10	1,00	0,04	0
5	1300	6500	3,20	1,03	3,12	0,37	0,50	1,00	0,22	4
10	1300	13000	5,39	1,10	4,88	0,57	1,00	1,00	0,43	25
15	1300	19500	7,59	1,24	6,14	0,72	1,00	1,00	0,65	47
20	1300	26000	9,79	1,42	6,89	0,81	1,00	1,00	0,87	70
25	1300	32500	11,99	1,66	7,24	1,00	1,00	1,00	1,00	100
30	1300	39000	14,18	1,94	7,29	1,00	1,00	1,00	1,00	100
35	1300	45500	16,38	2,29	7,17	1,00	1,00	1,00	1,00	100
40	1300	52000	18,58	2,68	6,94	1,00	1,00	1,00	1,00	100
45	1300	58500	20,77	3,12	6,65	1,00	1,00	1,00	1,00	100
50	1300	65000	22,97	3,62	6,34	1,00	1,00	1,00	1,00	100
55	1300	71500	25,17	4,17	6,03	1,00	1,00	1,00	1,00	100
60	1300	78000	27,36	4,78	5,73	1,00	1,00	1,00	1,00	100
65	1300	84500	29,56	5,43	5,44	1,00	1,00	1,00	1,00	100
70	1300	91000	31,76	6,14	5,17	1,00	1,00	1,00	1,00	100
75	1300	97500	33,96	6,90	4,92	0,58	0,93	1,00	0,98	53
80	1300	104000	36,15	7,71	4,69	0,55	0,88	1,00	0,92	45
85	1300	110500	38,35	8,58	4,47	0,53	0,82	1,00	0,87	38
90	1300	117000	40,55	9,50	4,27	0,50	0,78	1,00	0,82	32
95	1300	123500	42,74	10,47	4,08	0,48	0,74	1,00	0,78	28
100	1300	130000	44,94	11,49	3,91	0,46	0,70	1,00	0,74	24
105	1300	136500	47,14	12,57	3,75	0,44	0,67	1,00	0,70	21
110	1300	143000	49,33	13,69	3,60	0,42	0,64	1,00	0,67	18
0	1400	0	1,00	1,00	1,00	0,12	0,00	1,00	0,00	0
1	1400	1400	1,47	1,00	1,47	0,17	0,10	1,00	0,05	0
5	1400	7000	3,37	1,03	3,27	0,39	0,50	1,00	0,23	4
10	1400	14000	5,73	1,11	5,15	0,61	1,00	1,00	0,47	28
15	1400	21000	8,10	1,25	6,46	0,76	1,00	1,00	0,70	53
20	1400	28000	10,46	1,45	7,21	0,85	1,00	1,00	0,93	79
25	1400	35000	12,83	1,71	7,52	1,00	1,00	1,00	1,00	100
30	1400	42000	15,20	2,02	7,53	1,00	1,00	1,00	1,00	100
35	1400	49000	17,56	2,38	7,37	1,00	1,00	1,00	1,00	100
40	1400	56000	19,93	2,81	7,10	1,00	1,00	1,00	1,00	100
45	1400	63000	22,29	3,29	6,78	1,00	1,00	1,00	1,00	100

50	1400	70000	24,66	3,82	6,45	1,00	1,00	1,00	1,00	100
55	1400	77000	27,03	4,42	6,12	1,00	1,00	1,00	1,00	100
60	1400	84000	29,39	5,07	5,80	1,00	1,00	1,00	1,00	100
65	1400	91000	31,76	5,77	5,50	1,00	1,00	1,00	1,00	100
70	1400	98000	34,12	6,54	5,22	0,61	1,00	1,00	0,98	60
75	1400	105000	36,49	7,36	4,96	0,58	0,93	1,00	0,91	50
80	1400	112000	38,86	8,23	4,72	0,56	0,88	1,00	0,86	42
85	1400	119000	41,22	9,16	4,50	0,53	0,82	1,00	0,81	35
90	1400	126000	43,59	10,15	4,29	0,51	0,78	1,00	0,76	30
95	1400	133000	45,95	11,20	4,10	0,48	0,74	1,00	0,72	26
100	1400	140000	48,32	12,30	3,93	0,46	0,70	1,00	0,69	22
105	1400	147000	50,69	13,46	3,77	0,44	0,67	1,00	0,65	19
110	1400	154000	53,05	14,67	3,62	0,43	0,64	1,00	0,62	17
0	1500	0	1,00	1,00	1,00	0,12	0,00	1,00	0,00	0
1	1500	1500	1,51	1,00	1,51	0,18	0,10	1,00	0,05	0
5	1500	7500	3,54	1,03	3,43	0,40	0,50	1,00	0,25	5
10	1500	15000	6,07	1,12	5,41	0,64	1,00	1,00	0,50	32
15	1500	22500	8,61	1,27	6,76	0,80	1,00	1,00	0,75	60
20	1500	30000	11,14	1,48	7,51	1,00	1,00	1,00	1,00	100
25	1500	37500	13,68	1,76	7,79	1,00	1,00	1,00	1,00	100
30	1500	45000	16,21	2,09	7,76	1,00	1,00	1,00	1,00	100
35	1500	52500	18,75	2,48	7,55	1,00	1,00	1,00	1,00	100
40	1500	60000	21,28	2,94	7,25	1,00	1,00	1,00	1,00	100
45	1500	67500	23,82	3,45	6,90	1,00	1,00	1,00	1,00	100
50	1500	75000	26,35	4,03	6,54	1,00	1,00	1,00	1,00	100
55	1500	82500	28,89	4,66	6,20	1,00	1,00	1,00	1,00	100
60	1500	90000	31,42	5,36	5,86	1,00	1,00	1,00	1,00	100
65	1500	97500	33,96	6,11	5,55	0,65	1,00	1,00	1,00	65
70	1500	105000	36,49	6,93	5,26	0,62	1,00	1,00	1,00	62
75	1500	112500	39,03	7,81	5,00	0,59	0,93	1,00	0,85	47
80	1500	120000	41,56	8,75	4,75	0,56	0,88	1,00	0,80	39
85	1500	127500	44,10	9,75	4,52	0,53	0,82	1,00	0,75	33
90	1500	135000	46,63	10,81	4,32	0,51	0,78	1,00	0,71	28
95	1500	142500	49,17	11,92	4,12	0,49	0,74	1,00	0,67	24
100	1500	150000	51,70	13,11	3,95	0,46	0,70	1,00	0,64	21
105	1500	157500	54,24	14,35	3,78	0,44	0,67	1,00	0,61	18
110	1500	165000	56,77	15,65	3,63	0,43	0,64	1,00	0,58	16
0	1600	0	1,00	1,00	1,00	0,12	0,00	1,00	0,00	0
1	1600	1600	1,54	1,00	1,54	0,18	0,10	1,00	0,05	0
5	1600	8000	3,70	1,03	3,59	0,42	0,50	1,00	0,27	6
10	1600	16000	6,41	1,13	5,68	0,67	1,00	1,00	0,53	36
15	1600	24000	9,11	1,29	7,06	0,83	1,00	1,00	0,80	66
20	1600	32000	11,82	1,52	7,79	1,00	1,00	1,00	1,00	100
25	1600	40000	14,52	1,81	8,04	1,00	1,00	1,00	1,00	100
30	1600	48000	17,22	2,16	7,97	1,00	1,00	1,00	1,00	100
35	1600	56000	19,93	2,58	7,72	1,00	1,00	1,00	1,00	100
40	1600	64000	22,63	3,07	7,38	1,00	1,00	1,00	1,00	100
45	1600	72000	25,34	3,61	7,01	1,00	1,00	1,00	1,00	100
50	1600	80000	28,04	4,23	6,63	1,00	1,00	1,00	1,00	100
55	1600	88000	30,74	4,91	6,27	1,00	1,00	1,00	1,00	100
60	1600	96000	33,45	5,65	5,92	1,00	1,00	1,00	1,00	100
65	1600	104000	36,15	6,46	5,60	0,66	1,00	1,00	0,92	61

70	1600	112000	38,86	7,33	5,30	0,62	1,00	1,00	0,86	53
75	1600	120000	41,56	8,26	5,03	0,59	0,93	1,00	0,80	44
80	1600	128000	44,26	9,26	4,78	0,56	0,88	1,00	0,75	37
85	1600	136000	46,97	10,33	4,55	0,53	0,82	1,00	0,71	31
90	1600	144000	49,67	11,46	4,33	0,51	0,78	1,00	0,67	26
95	1600	152000	52,38	12,65	4,14	0,49	0,74	1,00	0,63	23
100	1600	160000	55,08	13,91	3,96	0,47	0,70	1,00	0,60	20
105	1600	168000	57,78	15,24	3,79	0,45	0,67	1,00	0,57	17
110	1600	176000	60,49	16,62	3,64	0,43	0,64	1,00	0,55	15
0	1700	0	1,00	1,00	1,00	0,12	0,00	1,00	0,00	0
1	1700	1700	1,57	1,00	1,57	0,18	0,10	1,00	0,06	0
5	1700	8500	3,87	1,03	3,74	0,44	0,50	1,00	0,28	6
10	1700	17000	6,75	1,14	5,93	0,70	1,00	1,00	0,57	40
15	1700	25500	9,62	1,31	7,35	0,86	1,00	1,00	0,85	74
20	1700	34000	12,49	1,55	8,07	1,00	1,00	1,00	1,00	100
25	1700	42500	15,37	1,86	8,27	1,00	1,00	1,00	1,00	100
30	1700	51000	18,24	2,23	8,16	1,00	1,00	1,00	1,00	100
35	1700	59500	21,11	2,68	7,88	1,00	1,00	1,00	1,00	100
40	1700	68000	23,98	3,20	7,51	1,00	1,00	1,00	1,00	100
45	1700	76500	26,86	3,78	7,11	1,00	1,00	1,00	1,00	100
50	1700	85000	29,73	4,43	6,71	1,00	1,00	1,00	1,00	100
55	1700	93500	32,60	5,15	6,33	1,00	1,00	1,00	1,00	100
60	1700	102000	35,48	5,94	5,97	0,70	1,00	1,00	0,94	66
65	1700	110500	38,35	6,80	5,64	0,66	1,00	1,00	0,87	58
70	1700	119000	41,22	7,72	5,34	0,63	1,00	1,00	0,81	51
75	1700	127500	44,10	8,72	5,06	0,60	0,93	1,00	0,75	42
80	1700	136000	46,97	9,78	4,80	0,56	0,88	1,00	0,71	35
85	1700	144500	49,84	10,91	4,57	0,54	0,82	1,00	0,66	29
90	1700	153000	52,71	12,11	4,35	0,51	0,78	1,00	0,63	25
95	1700	161500	55,59	13,38	4,15	0,49	0,74	1,00	0,59	21
100	1700	170000	58,46	14,72	3,97	0,47	0,70	1,00	0,56	18
105	1700	178500	61,33	16,13	3,80	0,45	0,67	1,00	0,54	16
110	1700	187000	64,21	17,60	3,65	0,43	0,64	1,00	0,51	14
0	2200	0	1,00	1,00	1,00	0,12	0,00	0,82	0,00	0
1	2200	2200	1,74	1,00	1,74	0,20	0,10	0,82	0,07	0
5	2200	11000	4,72	1,04	4,52	0,53	0,50	0,82	0,37	8
10	2200	22000	8,44	1,18	7,16	0,84	1,00	0,82	0,73	51
15	2200	33000	12,15	1,40	8,68	1,02	1,00	0,82	1,00	84
20	2200	44000	15,87	1,71	9,28	1,09	1,00	0,82	1,00	89
25	2200	55000	19,59	2,11	9,29	1,09	1,00	0,82	1,00	89
30	2200	66000	23,31	2,60	8,97	1,06	1,00	0,82	1,00	86
35	2200	77000	27,03	3,17	8,51	1,00	1,00	0,82	1,00	82
40	2200	88000	30,74	3,84	8,00	0,94	1,00	0,82	1,00	77
45	2200	99000	34,46	4,60	7,50	0,88	1,00	0,82	0,97	70
50	2200	110000	38,18	5,44	7,02	0,83	1,00	0,82	0,87	59
55	2200	121000	41,90	6,37	6,58	0,77	1,00	0,82	0,79	50

APÊNDICE V

Tabelas de cálculo para a elaboração do gráfico referente ao critério de pontuação
para Vs

Tabela 9-7 - Tabela de calculo para estações com capacidade superiores a 10000 m³/dia

Valor da ABNT (1992) para Capacidade >10000 m ³ /dia	Valor do incremento	Coluna (1) x Coluna (2)	Coluna (1)+(3) Vs (m ³ /m ² /dia)	Pontos obtidos = Eficiência de remoção = (40/Vs)*100
40	0,00%	0,00	40	100
40	5,00%	2,00	42	95
40	10,00%	4,00	44	91
40	15,00%	6,00	46	87
40	20,00%	8,00	48	83
40	25,00%	10,00	50	80
40	30,00%	12,00	52	77
40	35,00%	14,00	54	74
40	40,00%	16,00	56	71
40	45,00%	18,00	58	69
40	50,00%	20,00	60	67
40	55,00%	22,00	62	65
40	60,00%	24,00	64	63
40	65,00%	26,00	66	61
40	70,00%	28,00	68	59
40	75,00%	30,00	70	57
40	80,00%	32,00	72	56
40	85,00%	34,00	74	54
40	90,00%	36,00	76	53
40	95,00%	38,00	78	51
40	100,00%	40,00	80	50
40	105,00%	42,00	82	49
40	110,00%	44,00	84	48
40	115,00%	46,00	86	47
40	120,00%	48,00	88	45
40	125,00%	50,00	90	44
40	130,00%	52,00	92	43
40	135,00%	54,00	94	43
40	140,00%	56,00	96	42
40	145,00%	58,00	98	41
40	150,00%	60,00	100	40
40	155,00%	62,00	102	39
40	160,00%	64,00	104	38
40	165,00%	66,00	106	38
40	170,00%	68,00	108	37
40	175,00%	70,00	110	36
40	180,00%	72,00	112	36
40	185,00%	74,00	114	35
40	190,00%	76,00	116	34
40	195,00%	78,00	118	34
40	200,00%	80,00	120	33
40	205,00%	82,00	122	33
40	210,00%	84,00	124	32
40	215,00%	86,00	126	32
40	220,00%	88,00	128	31

Tabela 9-8 – Tabela de cálculo para estações com capacidade entre 10000 e 10000 m³/dia

Valor da ABNT (1992) para 1000> Capacidade >10000 m ³ /dia	Valor do incremento	Coluna (1) x Coluna (2)	Coluna (1)+(3) Vs (m ³ /m ² /dia)	Pontos obtidos = Eficiência de remoção = (35/Vs)*100
35	0,00%	0,00	35	100
35	5,00%	1,75	37	95
35	10,00%	3,50	39	91
35	15,00%	5,25	40	87
35	20,00%	7,00	42	83
35	25,00%	8,75	44	80
35	30,00%	10,50	46	77
35	35,00%	12,25	47	74
35	40,00%	14,00	49	71
35	45,00%	15,75	51	69
35	50,00%	17,50	53	67
35	55,00%	19,25	54	65
35	60,00%	21,00	56	63
35	65,00%	22,75	58	61
35	70,00%	24,50	60	59
35	75,00%	26,25	61	57
35	80,00%	28,00	63	56
35	85,00%	29,75	65	54
35	90,00%	31,50	67	53
35	95,00%	33,25	68	51
35	100,00%	35,00	70	50
35	105,00%	36,75	72	49
35	110,00%	38,50	74	48
35	115,00%	40,25	75	47
35	120,00%	42,00	77	45
35	125,00%	43,75	79	44
35	130,00%	45,50	81	43
35	135,00%	47,25	82	43
35	140,00%	49,00	84	42
35	145,00%	50,75	86	41
35	150,00%	52,50	88	40
35	155,00%	54,25	89	39
35	160,00%	56,00	91	38
35	165,00%	57,75	93	38
35	170,00%	59,50	95	37
35	175,00%	61,25	96	36
35	180,00%	63,00	98	36
35	185,00%	64,75	100	35
35	190,00%	66,50	102	34
35	195,00%	68,25	103	34
35	200,00%	70,00	105	33
35	205,00%	71,75	107	33
35	210,00%	73,50	109	32
35	215,00%	75,25	110	32
35	220,00%	77,00	112	31

35	225,00%	78,75	114	31
35	230,00%	80,50	116	30
35	235,00%	82,25	117	30
35	240,00%	84,00	119	29
35	245,00%	85,75	121	29
35	250,00%	87,50	123	29
35	255,00%	89,25	124	28
35	260,00%	91,00	126	28
35	265,00%	92,75	128	27
35	270,00%	94,50	130	27
35	275,00%	96,25	131	27
35	280,00%	98,00	133	26
35	285,00%	99,75	135	26
35	290,00%	101,50	137	26
35	295,00%	103,25	138	25
35	300,00%	105,00	140	25

Tabela 9-9 - Tabela de calculo para estações com capacidade inferiores a 1000 m³/dia

Valor da ABNT (1992) para Capacidade <1000 m ³ /dia	Valor do incremento	Coluna (1) x Coluna (2)	Coluna (1)+(3) Vs (m ³ /m ² /dia)	Pontos obtidos = Eficiência de remoção = $(3 \cdot 25/Vs) \cdot 100$
25	0,00%	0,00	25	100
25	5,00%	1,25	26	95
25	10,00%	2,50	28	91
25	15,00%	3,75	29	87
25	20,00%	5,00	30	83
25	25,00%	6,25	31	80
25	30,00%	7,50	33	77
25	35,00%	8,75	34	74
25	40,00%	10,00	35	71
25	45,00%	11,25	36	69
25	50,00%	12,50	38	67
25	55,00%	13,75	39	65
25	60,00%	15,00	40	63
25	65,00%	16,25	41	61
25	70,00%	17,50	43	59
25	75,00%	18,75	44	57
25	80,00%	20,00	45	56
25	85,00%	21,25	46	54
25	90,00%	22,50	48	53
25	95,00%	23,75	49	51
25	100,00%	25,00	50	50
25	105,00%	26,25	51	49
25	110,00%	27,50	53	48
25	115,00%	28,75	54	47
25	120,00%	30,00	55	45
25	125,00%	31,25	56	44
25	130,00%	32,50	58	43
25	135,00%	33,75	59	43
25	140,00%	35,00	60	42

25	145,00%	36,25	61	41
25	150,00%	37,50	63	40
25	155,00%	38,75	64	39
25	160,00%	40,00	65	38
25	165,00%	41,25	66	38
25	170,00%	42,50	68	37
25	175,00%	43,75	69	36
25	180,00%	45,00	70	36
25	185,00%	46,25	71	35
25	190,00%	47,50	73	34
25	195,00%	48,75	74	34
25	200,00%	50,00	75	33
25	205,00%	51,25	76	33
25	210,00%	52,50	78	32
25	215,00%	53,75	79	32
25	220,00%	55,00	80	31
25	225,00%	56,25	81	31
25	230,00%	57,50	83	30
25	235,00%	58,75	84	30
25	240,00%	60,00	85	29
25	245,00%	61,25	86	29
25	250,00%	62,50	88	29
25	255,00%	63,75	89	28
25	260,00%	65,00	90	28
25	265,00%	66,25	91	27
25	270,00%	67,50	93	27
25	275,00%	68,75	94	27
25	280,00%	70,00	95	26
25	285,00%	71,25	96	26
25	290,00%	72,50	97	26
25	295,00%	73,75	99	25
25	300,00%	75,00	100	25

APÊNDICE VI

Tabelas de cálculo elaboradas para o desenvolvimento do gráfico referente ao critério de pontuação de V_L

Tabela 9-10 - Cálculo da pontuação para V_L para $Cap. > 10000 m^3/d$

V_s (m/dia)	V_s (cm/s)	$V_L =$ $18.V_s$ (cm/s)	Pontos = $(0,0556/V_L)*100$
40	0,0116	0,21	100
42	0,0347	0,63	100
44	0,0463	0,83	100
46	0,0486	0,88	100
48	0,0509	0,92	100
50	0,0532	0,96	100
52	0,0556	1,00	100
54	0,0579	1,04	96
56	0,0602	1,08	92
58	0,0625	1,13	89
60	0,0648	1,17	86
62	0,0671	1,21	83
64	0,0694	1,25	80
66	0,0718	1,29	77
68	0,0741	1,33	75
70	0,0764	1,38	73
72	0,0787	1,42	71
74	0,0810	1,46	69
76	0,0833	1,50	67
78	0,0856	1,54	65
80	0,0880	1,58	63
82	0,0903	1,63	62
84	0,0926	1,67	60
86	0,0949	1,71	59
88	0,0972	1,75	57
90	0,0995	1,79	56
92	0,1019	1,83	55
94	0,1042	1,88	53
96	0,1065	1,92	52
98	0,1088	1,96	51
100	0,1111	2,00	50
102	0,1134	2,04	49
104	0,1157	2,08	48
106	0,1181	2,13	47
122	0,1204	2,17	46
124	0,1227	2,21	45
126	0,1412	2,54	39
128	0,1435	2,58	39
130	0,1458	2,63	38
132	0,1481	2,67	38
134	0,1505	2,71	37
136	0,1528	2,75	36
138	0,1551	2,79	36
140	0,1574	2,83	35
142	0,1597	2,88	35
144	0,1620	2,92	34

146	0,1644	2,96	34
148	0,1667	3,00	33
150	0,1690	3,04	33
152	0,1713	3,08	32
154	0,1736	3,13	32
156	0,1759	3,17	32
158	0,1782	3,21	31
160	0,1806	3,25	31
162	0,1829	3,29	30
164	0,1852	3,33	30
166	0,1875	3,38	30
168	0,1898	3,42	29
170	0,1921	3,46	29
172	0,1944	3,50	29
174	0,1968	3,54	28
40	0,1991	3,58	28
42	0,2014	3,63	28

Tabela 9-11 - Cálculo da pontuação para V_L para Cap entre 1000 e $10000 m^3/d$

V_s (m/dia)	V_s (cm/s)	$V_L =$ $18.V_s$ (cm/s)	Pontos = $(0,0347/V_L)*100$
30	0,0347	0,63	100
35	0,0405	0,73	86
37	0,0425	0,77	82
39	0,0446	0,80	78
40	0,0466	0,84	74
42	0,0486	0,88	71
44	0,0506	0,91	69
46	0,0527	0,95	66
47	0,0547	0,98	63
49	0,0567	1,02	61
51	0,0587	1,06	59
53	0,0608	1,09	57
54	0,0628	1,13	55
56	0,0648	1,17	54
58	0,0668	1,20	52
60	0,0689	1,24	50
61	0,0709	1,28	49
63	0,0729	1,31	48
65	0,0749	1,35	46
67	0,0770	1,39	45
68	0,0790	1,42	44
70	0,0810	1,46	43
72	0,0830	1,49	42
74	0,0851	1,53	41
75	0,0871	1,57	40
77	0,0891	1,60	39
79	0,0911	1,64	38
81	0,0932	1,68	37

82	0,0952	1,71	36
84	0,0972	1,75	36
86	0,0992	1,79	35
88	0,1013	1,82	34
89	0,1033	1,86	34
91	0,1053	1,90	33
93	0,1073	1,93	32
107	0,1236	2,22	28
109	0,1256	2,26	28
110	0,1276	2,30	27
112	0,1296	2,33	27
114	0,1317	2,37	26
116	0,1337	2,41	26
117	0,1357	2,44	26
119	0,1377	2,48	25
121	0,1398	2,52	25
123	0,1418	2,55	24
124	0,1438	2,59	24
126	0,1458	2,63	24
128	0,1479	2,66	23
130	0,1499	2,70	23
131	0,1519	2,73	23
133	0,1539	2,77	23
135	0,1560	2,81	22
137	0,1580	2,84	22
138	0,1600	2,88	22
140	0,1620	2,92	21
142	0,1641	2,95	21
144	0,1661	2,99	21
145	0,1681	3,03	21
147	0,1701	3,06	20

44	0,0506	0,91	57
45	0,0521	0,94	55
46	0,0535	0,96	54
48	0,0550	0,99	53
49	0,0564	1,02	51
50	0,0579	1,04	50
51	0,0593	1,07	49
53	0,0608	1,09	48
54	0,0622	1,12	46
55	0,0637	1,15	45
56	0,0651	1,17	44
58	0,0666	1,20	43
59	0,0680	1,22	43
60	0,0694	1,25	42
61	0,0709	1,28	41
63	0,0723	1,30	40
64	0,0738	1,33	39
65	0,0752	1,35	38
66	0,0767	1,38	38
76	0,0883	1,59	33
78	0,0897	1,61	32
79	0,0911	1,64	32
80	0,0926	1,67	31
81	0,0940	1,69	31
83	0,0955	1,72	30
84	0,0969	1,74	30
85	0,0984	1,77	29
86	0,0998	1,80	29
88	0,1013	1,82	29
89	0,1027	1,85	28
90	0,1042	1,88	28
91	0,1056	1,90	27
92	0,1071	1,93	27
94	0,1085	1,95	27
95	0,1100	1,98	26
96	0,1114	2,01	26
97	0,1128	2,03	26
99	0,1143	2,06	25
100	0,1157	2,08	25
101	0,1172	2,11	25
103	0,1186	2,14	24

Tabela 9-12 - Cálculo da pontuação para V_L para $Cap < 1000 \text{ m}^3/\text{d}$

V_s (m/dia)	V_s (cm/s)	$V_L =$ $18.V_s$ (cm/s)	Pontos = $(0,0289/V_L)*100$
25	0,0289	0,52	100
26	0,0304	0,55	95
28	0,0318	0,57	91
29	0,0333	0,60	87
30	0,0347	0,63	83
31	0,0362	0,65	80
33	0,0376	0,68	77
34	0,0391	0,70	74
35	0,0405	0,73	71
36	0,0420	0,76	69
38	0,0434	0,78	67
39	0,0448	0,81	64
40	0,0463	0,83	62
41	0,0477	0,86	61
43	0,0492	0,89	59

APÊNDICE VII

Detalhamento do calculo realizado para a construção do gráfico referente ao critério de pontuação para Tfilt

Tabela 9-13 – Tabela de calculo para a elaboração do critério de pontuação para o filtro de leito simples de areia

Tfilt (m³/m².d) ABNT	Valor do incremento	Coluna (1) + Incremento	Δh	Pontos= 100*(Δh/0,17)
180	0%	180	0,17	100
180	5%	189	0,18	95
180	10,0%	198	0,19	91
180	15,0%	207	0,20	87
180	20,0%	216	0,21	83
180	25,0%	225	0,22	79
180	30,0%	234	0,23	76
180	35,0%	243	0,24	73
180	40,0%	252	0,25	71
180	45,0%	261	0,26	68
180	50,0%	270	0,26	66
180	55,0%	279	0,27	63
180	60,0%	288	0,28	61
180	65,0%	297	0,29	59
180	70,0%	306	0,30	58
180	75,0%	315	0,31	56
180	80,0%	324	0,32	54
180	85,0%	333	0,33	53
180	90,0%	342	0,34	51
180	95,0%	351	0,35	50
180	100,0%	360	0,36	48
180	105,0%	369	0,37	47
180	110,0%	378	0,38	46
180	115,0%	387	0,39	45
180	120,0%	396	0,40	44
180	125,0%	405	0,41	43
180	130,0%	414	0,42	42
180	135,0%	423	0,42	41
180	140,0%	432	0,43	40
180	145,0%	441	0,44	39
180	150,0%	450	0,45	38
180	155,0%	459	0,46	37
180	160,0%	468	0,47	37
180	165,0%	477	0,48	36
180	170,0%	486	0,49	35
180	175,0%	495	0,50	34
180	180,0%	504	0,51	34
180	185,0%	513	0,52	33
180	190,0%	522	0,53	33
180	195,0%	531	0,54	32
180	200,0%	540	0,55	31
		600	0,62	28

Tabela 9-14 - Tabela de calculo para a elaboração do critério de pontuação para o filtro de leito simples de areia

Tfilt (m³/m².d) ABNT	Valor do incremento	Coluna (1) + Incremento	Δh	Pontos= 100*(Δh/0,37)
360	0%	360	0,37	100
360	5%	378	0,39	95
360	10,0%	396	0,41	90
360	15,0%	414	0,43	86
360	20,0%	432	0,45	83
360	25,0%	450	0,47	79
360	30,0%	468	0,49	76
360	35,0%	486	0,51	73
360	40,0%	504	0,53	70
360	45,0%	522	0,55	67
360	50,0%	540	0,57	65
360	55,0%	558	0,59	63
360	60,0%	576	0,61	61
360	65,0%	594	0,63	59
360	70,0%	612	0,65	57
360	75,0%	630	0,67	55
360	80,0%	648	0,69	53
360	85,0%	666	0,72	52
360	90,0%	684	0,74	50
360	95,0%	702	0,76	49
360	100,0%	720	0,78	47
360	105,0%	738	0,80	46
360	110,0%	756	0,82	45
360	115,0%	774	0,84	44
360	120,0%	792	0,87	43
360	125,0%	810	0,89	42
360	130,0%	828	0,91	41
360	135,0%	846	0,93	40
360	140,0%	864	0,95	39
360	145,0%	882	0,98	38
360	150,0%	900	1,00	37
360	155,0%	918	1,02	36
360	160,0%	936	1,04	35
360	165,0%	954	1,07	35
360	170,0%	972	1,09	34
360	175,0%	990	1,11	33
360	180,0%	1008	1,14	33

APÊNDICE VIII

Detalhamento dos cálculos realizados para o desenvolvimento dos gráficos referentes aos critérios de pontuação para os parâmetros Vasc e Exp

Tabela 9-15 – Cálculo para o critério de pontuação para a camada de antracito para o filtro de leito duplo

D _{eq} (mm)	Vasc (cm/min)	Vasc (m/s)	Sv	ε	Re ₁	A ₁	Log A ₁	Exp (%)	pontos
			6/ C _c · D _{eq}		1000000 *Vasc /(Sv*(1-ε))	$((\epsilon^3)/((1-\epsilon)^2))^*$ $((1000*1650*9,81)/((Sv^3)*(0,001^2)))$	0,56543+ (1,09348* (LOG(Re ₁)))+ (0,17971* ((LOG(Re ₁))^2)) -(0,00392* ((LOG(Re ₁))^4)) -(1,5*((LOG(0,7))^2)) -(LOG(A ₁))=0	100* (ε-0,4)/ 1-ε)	
0,8	10	0,0017	10714,3	0,31	0,2241864	0,78422498	0,0000	0	0
0,8	20	0,0033	10714,3	0,37	0,4912752	1,61849655	-0,0001	0	0
0,8	30	0,0050	10714,3	0,41	0,792265	2,63284702	0,0003	2	0
0,8	50	0,0083	10714,3	0,48	1,4915203	5,30331861	0,0002	15	42
0,8	55	0,0092	10714,3	0,49	1,6865337	6,11703011	0,0004	18	46
0,8	60	0,0100	10714,3	0,51	1,8897847	6,99465066	0,0006	21	50
0,8	65	0,0108	10714,3	0,52	2,1013965	7,93922476	0,0010	25	50
0,8	70	0,0117	10714,3	0,53	2,3233279	8,98658245	0,0002	28	50
0,8	75	0,0125	10714,3	0,54	2,5534491	10,0987461	0,0000	31	50
0,8	80	0,0133	10714,3	0,55	2,7923789	11,2874443	0,0001	35	38
0,8	85	0,0142	10714,3	0,57	3,0406401	12,56249	0,0002	38	35
0,8	90	0,0150	10714,3	0,58	3,2984762	13,9286599	0,0003	41	33
0,8	95	0,0158	10714,3	0,59	3,566149	15,3910642	0,0004	45	32
0,8	100	0,0167	10714,3	0,60	3,843939	16,9551689	0,0006	48	30
0,8	110	0,0183	10714,3	0,61	4,431086	20,4122723	0,0009	55	27
0,8	120	0,0200	10714,3	0,63	5,068893	24,4665466	0,0000	63	0
0,8	130	0,0217	10714,3	0,65	5,7513447	29,0172374	0,0000	71	0
0,8	140	0,0233	10714,3	0,66	6,485565	34,2019661	0,0000	79	0
0,8	150	0,0250	10714,3	0,68	7,2753956	40,1030816	0,0000	87	0
0,8	160	0,0267	10714,3	0,69	8,1250932	46,8148994	0,0000	96	0

Tabela 9-16 – Cálculo para o critério de pontuação para camada de areia para o filtro de leito duplo

D _{eq} (mm)	Vasc (cm/min)	Vasc (m/s)	Sv	ε	Re ₁	A ₁	Log A ₁	Exp (%)	pontos
			6/ C _c · D _{eq}		1000000 *Vasc /(Sv*(1-ε))	$((\epsilon^3)/((1-\epsilon)^2))^*$ $((1000*1650*9,81)/((Sv^3)*(0,001^2)))$	0,56543+ (1,09348* (LOG(Re ₁)))+ (0,17971* ((LOG(Re ₁))^2)) -(0,00392* ((LOG(Re ₁))^4)) -(1,5*((LOG(0,7))^2)) -(LOG(A ₁))=0	100* (ε-0,4)/ 1-ε)	
1,1	10	0,0017	9090,91	0,36	0,286752	0,974014	0,0002	0	0
1,1	20	0,0033	9090,91	0,43	0,645974	2,129354	0,0001	0	0
1,1	30	0,0050	9090,91	0,48	1,066969	3,633088	0,0001	2	0
1,1	50	0,0083	9090,91	0,56	2,098316	7,942046	0,0000	14	42
1,1	55	0,0092	9090,91	0,58	2,398328	9,347226	0,0000	19	46
1,1	60	0,0100	9090,91	0,60	2,716525	10,90708	0,0000	23	50
1,1	65	0,0108	9090,91	0,61	3,05371	12,63549	0,0000	28	50
1,1	70	0,0117	9090,91	0,62	3,410755	14,54762	0,0000	33	50
1,1	75	0,0125	9090,91	0,64	3,788616	16,66015	0,0000	38	40

1,1	80	0,0133	9090,91	0,65	4,188352	18,99189	0,0000	43	38
1,1	85	0,0142	9090,91	0,66	4,611084	21,56307	0,0000	48	35
1,1	90	0,0150	9090,91	0,67	5,058033	24,3962	0,0000	53	33
1,1	95	0,0158	9090,91	0,69	5,530518	27,51613	0,0000	59	32
1,1	100	0,0167	9090,91	0,70	6,029965	30,95034	0,0000	64	0
1,1	110	0,0183	9090,91	0,72	7,11601	38,88645	0,0000	76	0
1,1	120	0,0200	9090,91	0,74	8,33143	48,51554	-0,0001	89	0
1,1	130	0,0217	9090,91	0,75	9,687909	60,10988	0,0000	103	0
1,1	140	0,0233	9090,91	0,77	11,2086	74,18283	0,0000	118	0
1,1	150	0,0250	9090,91	0,79	12,91394	91,24774	0,0000	135	0
1,1	160	0,0267	9090,91	0,80	14,82961	111,98	0,0000	153	0

Tabela 9-17 – Calculo para o critério para o filtro de leito simples de areia

D _{eq} (mm)	Vasc (cm/min)	Vasc (m/s)	Sv		Re ₁	A ₁	Log A1	Exp (%)	pontos
			6/ C _c · D _{cq}	ε					
					1000000 *Vasc /(Sv*(1-ε))	$((\epsilon^3)/((1-\epsilon)^2))^*$ $((1000*1650*9,81)$ $/((Sv^3)*(0,001^2)))$	0,56543+ (1,09348* (LOG(Re ₁)))+ (0,17971* ((LOG(Re ₁)) ²)) -(0,00392* ((LOG(Re ₁)) ⁴)) -(1,5*((LOG(0,7)) ²)) -(LOG(A ₁))=0	100* (ε-0,4)/ 1-ε)	
1	10	0,0017	8571,4286	0,27	0,2651815	0,90740085	0,0006	0	0
1	20	0,0033	8571,4286	0,32	0,5744168	1,88948348	0,0002	0	0
1	30	0,0050	8571,4286	0,36	0,9179046	3,08196697	0,0002	0	0
1	50	0,0083	8571,4286	0,43	1,7006677	6,18064664	0,0001	5	0
1	55	0,0092	8571,4286	0,44	1,9161641	7,11972243	0,0001	8	0
1	60	0,0100	8571,4286	0,45	2,139696	8,13065332	0,0001	10	0
1	65	0,0108	8571,4286	0,47	2,3713664	9,21682978	0,0001	13	0
1	70	0,0117	8571,4286	0,48	2,6112983	10,3818524	0,0001	15	88
1	75	0,0125	8571,4286	0,49	2,8596331	11,6295399	0,0001	18	94
1	80	0,0133	8571,4286	0,50	3,1165281	12,9639403	0,0001	20	100
1	85	0,0142	8571,4286	0,51	3,3821563	14,3893414	0,0001	23	100
1	90	0,0150	8571,4286	0,52	3,6567052	15,9102832	0,0001	25	100
1	95	0,0158	8571,4286	0,53	3,9403761	17,5315709	0,0001	28	100
1	100	0,0167	8571,4286	0,54	4,2333843	19,2582896	0,0001	31	100
1	110	0,0183	8571,4286	0,56	4,8483411	23,0498542	0,0001	36	73
1	120	0,0200	8571,4286	0,58	5,5035677	27,3318819	0,0000	42	67
1	130	0,0217	8571,4286	0,59	6,2012765	32,1568963	0,0000	47	62
1	140	0,0233	8571,4286	0,61	6,9439086	37,583747	0,0000	53	57
1	150	0,0250	8571,4286	0,62	7,7341461	43,6784232	0,0000	59	53
1	160	0,0267	8571,4286	0,64	8,5749286	50,5149948	0,0000	65	0

A princípio foram elaborados os gráficos da Figura 9-1, a partir dos dados da Tabela 9-15, Tabela 9-16 e Tabela 9-17, como critérios de pontuação para os parâmetros Exp e Vasc. Depois os trechos em degraus foram aproximados para uma reta resultando nos gráficos referentes aos critérios finais.

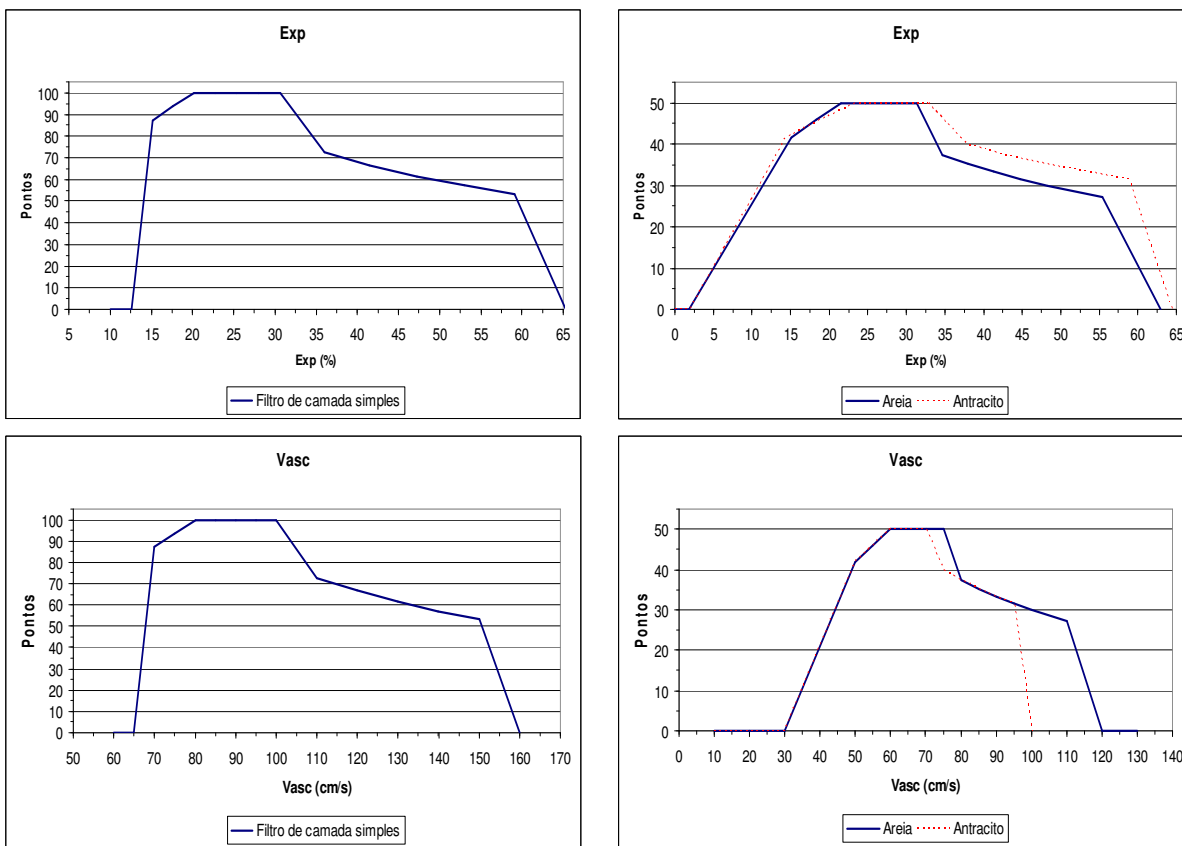


Figura 9-1- Critérios de pontuação iniciais elaborados com os dados das respectivas tabelas

APÊNDICE IX

Detalhamento dos cálculos realizados para a construção do gráfico referente ao critério de pontuação para Dcarr

Tabela 9-18 – Parte da tabela utilizada para a construção da figura referente ao critério para Dcarr

Vol. produzido/ carreira/m²	Vol. de água de lav./carr /m²	Coluna ((1)-(2)/(1))*100
(m³)	(m³)	
5	5	0
10	5	50
20	5	75
30	5	83
40	5	88
50	5	90
60	5	92
70	5	93
80	5	94
90	5	94
100	5	95
110	5	95
120	5	96
130	5	96
140	5	96
150	5	97
160	5	97
170	5	97
180	5	97
190	5	97
200	5	98
210	5	98
220	5	98
230	5	98
240	5	98
250	5	98
260	5	98
270	5	98
280	5	98
290	5	98
300	5	98
310	5	98
320	5	98
330	5	98
340	5	99
350	5	99
360	5	99
370	5	99
380	5	99
390	5	99
400	5	99
410	5	99
420	5	99
430	5	99
440	5	99
450	5	99
460	5	99
470	5	99
480	5	99
490	5	99
500	5	99
510	5	99
520	5	99
530	5	99
540	5	99
550	5	99
560	5	99
570	5	99
580	5	99
590	5	99
600	5	99
610	5	99
620	5	99
630	5	99
640	5	99
650	5	99
660	5	99
670	5	99
680	5	99
690	5	99
700	5	99
710	5	99
720	5	99
730	5	99
740	5	99
750	5	99
760	5	99
770	5	99
780	5	99
790	5	99
800	5	99
810	5	99
820	5	99
830	5	99
840	5	99
850	5	99
860	5	99
870	5	99
880	5	99
890	5	99
900	5	99
910	5	99
920	5	99
930	5	99
940	5	99
950	5	99
960	5	99

970	5	99
980	5	99
990	5	99
1000	5	100
5	10	0
10	10	0
20	10	50
30	10	67
40	10	75
50	10	80
60	10	83
70	10	86
80	10	88
90	10	89
100	10	90
110	10	91
120	10	92
130	10	92
140	10	93
150	10	93
160	10	94
170	10	94
180	10	94
190	10	95
200	10	95
210	10	95
220	10	95
230	10	96
240	10	96
250	10	96
260	10	96
270	10	96
280	10	96
290	10	97
300	10	97
310	10	97
320	10	97
330	10	97
340	10	97
350	10	97
360	10	97
370	10	97
380	10	97
390	10	97
400	10	98
410	10	98
420	10	98
430	10	98
440	10	98
450	10	98
460	10	98

470	10	98
480	10	98
490	10	98
500	10	98
510	10	98
520	10	98
530	10	98
540	10	98
550	10	98
560	10	98
570	10	98
580	10	98
590	10	98
600	10	98
610	10	98
620	10	98
630	10	98
640	10	98
650	10	98
660	10	98
670	10	99
680	10	99
690	10	99
700	10	99
710	10	99
720	10	99
730	10	99
740	10	99
750	10	99
760	10	99
770	10	99
780	10	99
790	10	99
800	10	99
810	10	99
820	10	99
830	10	99
840	10	99
850	10	99
860	10	99
870	10	99
880	10	99
890	10	99
900	10	99
910	10	99
920	10	99
930	10	99
5	40	0
10	40	0
20	40	0
30	40	0

40	40	0
50	40	20
60	40	33
70	40	43
80	40	50
90	40	56
100	40	60
110	40	64
120	40	67
130	40	69
140	40	71
150	40	73
160	40	75
170	40	76
180	40	78
190	40	79
200	40	80
210	40	81
220	40	82
230	40	83
240	40	83
250	40	84
260	40	85
270	40	85
280	40	86
290	40	86
300	40	87
310	40	87
320	40	88
330	40	88
340	40	88
350	40	89
360	40	89
370	40	89
380	40	89
390	40	90
400	40	90
410	40	90
420	40	90
430	40	91
440	40	91
450	40	91
460	40	91
470	40	91
480	40	92
490	40	92
500	40	92
510	40	92
520	40	92
530	40	92
540	40	93

550	40	93
560	40	93
570	40	93
580	40	93
590	40	93
600	40	93
610	40	93
620	40	94
630	40	94
640	40	94
650	40	94
660	40	94
670	40	94
680	40	94
690	40	94
700	40	94
710	40	94
720	40	94
730	40	95
740	40	95
750	40	95
760	40	95
770	40	95
780	40	95
790	40	95
800	40	95
810	40	95
820	40	95
830	40	95
840	40	95
850	40	95
860	40	95
870	40	95
880	40	95
890	40	96
900	40	96
910	40	96
920	40	96
930	40	96
940	40	96
950	40	96
960	40	96
970	40	96
980	40	96
990	40	96
5	200	0
10	200	0
20	200	0
30	200	0
40	200	0
50	200	0

60	200	0
70	200	0
80	200	0
90	200	0
100	200	0
110	200	0
120	200	0
130	200	0
140	200	0
150	200	0
160	200	0
170	200	0
180	200	0
190	200	0
200	200	0
210	200	5
220	200	9
230	200	13
240	200	17
250	200	20
260	200	23
270	200	26
280	200	29
290	200	31
300	200	33
310	200	35
320	200	38
330	200	39
340	200	41
350	200	43
360	200	44
370	200	46
380	200	47
390	200	49
400	200	50
410	200	51
420	200	52
430	200	53
440	200	55
450	200	56
460	200	57
470	200	57
480	200	58
490	200	59
500	200	60
510	200	61
520	200	62
530	200	62

540	200	63
550	200	64
560	200	64
570	200	65
580	200	66
590	200	66
600	200	67
610	200	67
620	200	68
630	200	68
640	200	69
650	200	69
660	200	70
670	200	70
680	200	71
690	200	71
700	200	71
710	200	72
720	200	72
730	200	73
740	200	73
750	200	73
760	200	74
770	200	74
780	200	74
790	200	75
800	200	75
810	200	75
820	200	76
830	200	76
840	200	76
850	200	76
860	200	77
870	200	77
880	200	77
890	200	78
900	200	78
910	200	78
920	200	78
930	200	78
940	200	79
950	200	79
960	200	79
970	200	79
980	200	80

APÊNDICE X

Tabelas utilizadas na construção dos gráficos referentes ao critério de pontuação para
Tc

Tabela 9-19 – Tabela para o gráfico com $\text{pH} \leq 6$

C (mg/L)	CT	T(min)	Pontos
0,4	30	75,00	100
0,6	32	53,33	100
0,8	33	41,25	100
1	33	33,00	100
1,2	33	27,50	100
1,4	34	24,29	100
1,6	35	21,88	100
1,8	36	20,00	100
2	37	18,50	100
2,2	37	16,82	100
2,4	38	15,83	100
2,6	38	14,62	100
2,8	39	13,93	100
3	39	13,00	100
0,4	24	60,00	90
0,6	25	41,67	90
0,8	26	32,50	90
1	26	26,00	90
1,2	27	22,50	90
1,4	27	19,29	90
1,6	28	17,50	90
1,8	29	16,11	90
2	29	14,50	90
2,2	29	13,18	90
2,4	30	12,50	90
2,6	31	11,92	90
2,8	31	11,07	90
3	31	10,33	90
0,4	18	45,00	80
0,6	19	31,67	80
0,8	20	25,00	80
1	20	20,00	80
1,2	20	16,67	80
1,4	21	15,00	80
1,6	21	13,13	80
1,8	22	12,22	80
2	22	11,00	80
2,2	22	10,00	80
2,4	23	9,58	80
2,6	23	8,85	80
2,8	24	8,57	80
3	24	8,00	80
0,4	12	30,00	60
0,6	13	21,67	60
0,8	13	16,25	60
1	13	13,00	60
1,2	13	10,83	60
1,4	14	10,00	60

1,6	14	8,75	60
1,8	14	7,78	60
2	15	7,50	60
2,2	15	6,82	60
2,4	15	6,25	60
2,6	15	5,77	60
2,8	16	5,71	60
3	16	5,33	60
0,4	6	15,00	30
0,6	6	10,00	30
0,8	7	8,75	30
1	7	7,00	30
1,2	7	5,83	30
1,4	7	5,00	30
1,6	7	4,38	30
1,8	7	3,89	30
2	7	3,50	30
2,2	7	3,18	30
2,4	8	3,33	30
2,6	8	3,08	30
2,8	8	2,86	30
3	8	2,67	30
0,4	3,6	9,00	10
0,6	3,6	6,00	10
0,8	4,2	5,25	10
1	4,2	4,20	10
1,2	4,2	3,50	10
1,4	4,2	3,00	10
1,6	4,2	2,63	10
1,8	4,2	2,33	10
2	4,2	2,10	10
2,2	4,2	1,91	10
2,4	4,8	2,00	10
2,6	4,8	1,85	10
2,8	4,8	1,71	10
3	4,8	1,60	10

Tabela 9-20 – Tabela para o gráfico com $\text{pH} \leq 7$

C (mg/L)	CT	T(min)	Pontos
0,4	43	107,50	100
0,6	45	75,00	100
0,8	46	57,50	100
1	47	47,00	100
1,2	48	40,00	100
1,4	48	34,29	100
1,6	49	30,63	100
1,8	51	28,33	100
2	52	26,00	100
2,2	53	24,09	100
2,4	54	22,50	100
2,6	55	21,15	100

2,8	56	20,00	100
3	57	19,00	100
0,4	35	87,50	90
0,6	36	60,00	90
0,8	37	46,25	90
1	37	37,00	90
1,2	38	31,67	90
1,4	39	27,86	90
1,6	39	24,38	90
1,8	41	22,78	90
2	41	20,50	90
2,2	42	19,09	90
2,4	43	17,92	90
2,6	44	16,92	90
2,8	45	16,07	90
3	45	15,00	90
0,4	26	65,00	80
0,6	27	45,00	80
0,8	28	35,00	80
1	28	28,00	80
1,2	29	24,17	80
1,4	29	20,71	80
1,6	30	18,75	80
1,8	31	17,22	80
2	31	15,50	80
2,2	32	14,55	80
2,4	33	13,75	80
2,6	33	12,69	80
2,8	34	12,14	80
3	34	11,33	80
0,4	17	42,50	60
0,6	18	30,00	60
0,8	18	22,50	60
1	19	19,00	60
1,2	19	15,83	60
1,4	19	13,57	60
1,6	20	12,50	60
1,8	20	11,11	60
2	21	10,50	60
2,2	21	9,55	60
2,4	22	9,17	60
2,6	22	8,46	60
2,8	22	7,86	60
3	23	7,67	60
0,4	9	22,50	30
0,6	9	15,00	30
0,8	9	11,25	30
1	9	9,00	30
1,2	10	8,33	30
1,4	10	7,14	30
1,6	10	6,25	30

1,8	10	5,56	30
2	10	5,00	30
2,2	11	5,00	30
2,4	11	4,58	30
2,6	11	4,23	30
2,8	11	3,93	30
3	11	3,67	30
0,4	5,4	13,50	10
0,6	5,4	9,00	10
0,8	5,4	6,75	10
1	5,4	5,40	10
1,2	6	5,00	10
1,4	6	4,29	10
1,6	6	3,75	10
1,8	6	3,33	10
2	6	3,00	10
2,2	6,6	3,00	10
2,4	6,6	2,75	10
2,6	6,6	2,54	10
2,8	6,6	2,36	10
3	6,6	2,20	10

Tabela 9-21 – Tabela para o gráfico com pH ≤8

C (mg/L)	CT	T(min)	Pontos
0,4	62	155,00	100
0,6	64	106,67	100
0,8	66	82,50	100
1	68	68,00	100
1,2	69	57,50	100
1,4	71	50,71	100
1,6	73	45,63	100
1,8	74	41,11	100
2	76	38,00	100
2,2	78	35,45	100
2,4	79	32,92	100
2,6	81	31,15	100
2,8	83	29,64	100
3	84	28,00	100
0,4	49	122,50	90
0,6	51	85,00	90
0,8	53	66,25	90
1	54	54,00	90
1,2	55	45,83	90
1,4	57	40,71	90
1,6	58	36,25	90
1,8	59	32,78	90
2	61	30,50	90
2,2	62	28,18	90
2,4	63	26,25	90
2,6	65	25,00	90
2,8	66	23,57	90

3	67	22,33	90
0,4	37	92,50	80
0,6	39	65,00	80
0,8	40	50,00	80
1	41	41,00	80
1,2	42	35,00	80
1,4	43	30,71	80
1,6	44	27,50	80
1,8	45	25,00	80
2	46	23,00	80
2,2	47	21,36	80
2,4	48	20,00	80
2,6	49	18,85	80
2,8	50	17,86	80
3	51	17,00	80
0,4	25	62,50	60
0,6	26	43,33	60
0,8	26	32,50	60
1	27	27,00	60
1,2	28	23,33	60
1,4	28	20,00	60
1,6	29	18,13	60
1,8	30	16,67	60
2	30	15,00	60
2,2	31	14,09	60
2,4	32	13,33	60
2,6	32	12,31	60
2,8	33	11,79	60
3	34	11,33	60
0,4	12	30,00	30
0,6	13	21,67	30
0,8	13	16,25	30
1	14	14,00	30
1,2	14	11,67	30
1,4	14	10,00	30
1,6	15	9,38	30
1,8	15	8,33	30
2	15	7,50	30
2,2	16	7,27	30
2,4	16	6,67	30
2,6	16	6,15	30
2,8	17	6,07	30
3	17	5,67	30
0,4	7,2	18,00	10
0,6	7,8	13,00	10
0,8	7,8	9,75	10
1	8,4	8,40	10
1,2	8,4	7,00	10
1,4	8,4	6,00	10
1,6	9	5,63	10
1,8	9	5,00	10

2	9	4,50	10
2,2	9,6	4,36	10
2,4	9,6	4,00	10
2,6	9,6	3,69	10
2,8	10,2	3,64	10
3	10,2	3,40	10

Tabela 9-22 – Tabela para o gráfico com $\text{pH} \leq 9$

C (mg/L)	CT	T(min)	Pontos
0,4	88	220,00	100
0,6	91	151,67	100
0,8	94	117,50	100
1	98	98,00	100
1,2	100	83,33	100
1,4	103	73,57	100
1,6	105	65,63	100
1,8	108	60,00	100
2	110	55,00	100
2,2	113	51,36	100
2,4	115	47,92	100
2,6	118	45,38	100
2,8	119	42,50	100
3	122	40,67	100
0,4	70	175,00	90
0,6	73	121,67	90
0,8	75	93,75	90
1	78	78,00	90
1,2	80	66,67	90
1,4	82	58,57	90
1,6	84	52,50	90
1,8	86	47,78	90
2	88	44,00	90
2,2	90	40,91	90
2,4	92	38,33	90
2,6	94	36,15	90
2,8	95	33,93	90
3	97	32,33	90
0,4	53	132,50	80
0,6	55	91,67	80
0,8	57	71,25	80
1	59	59,00	80
1,2	60	50,00	80
1,4	62	44,29	80
1,6	63	39,38	80
1,8	65	36,11	80
2	66	33,00	80
2,2	68	30,91	80
2,4	69	28,75	80
2,6	71	27,31	80
2,8	72	25,71	80
3	73	24,33	80

0,4	35	87,50	60
0,6	36	60,00	60
0,8	38	47,50	60
1	39	39,00	60
1,2	40	33,33	60
1,4	41	29,29	60
1,6	42	26,25	60
1,8	43	23,89	60
2	44	22,00	60
2,2	45	20,45	60
2,4	46	19,17	60
2,6	47	18,08	60
2,8	48	17,14	60
3	49	16,33	60
0,4	18	45,00	30
0,6	18	30,00	30
0,8	19	23,75	30
1	20	20,00	30
1,2	20	16,67	30
1,4	21	15,00	30
1,6	21	13,13	30

1,8	22	12,22	30
2	22	11,00	30
2,2	23	10,45	30
2,4	23	9,58	30
2,6	24	9,23	30
2,8	24	8,57	30
3	24	8,00	30
0,4	10,8	27,00	10
0,6	10,8	18,00	10
0,8	11,4	14,25	10
1	12	12,00	10
1,2	12	10,00	10
1,4	12,6	9,00	10
1,6	12,6	7,88	10
1,8	13,2	7,33	10
2	13,2	6,60	10
2,2	13,8	6,27	10
2,4	13,8	5,75	10
2,6	14,4	5,54	10
2,8	14,4	5,14	10
3	14,4	4,80	10

APÊNDICE XI

Características físicas das estações

Tabela 9-23 – Características físicas da ETA I

Mitura Rápida	
Tipo	Medidor Parshall
Dimensão da garganta	6"
Floculador	
Tipo	Hidráulico de escoamento vertical
Número de unidades	2
Número de câmaras por unidade	5
Área de cada câmara (m ²)	3,80
Profundidade útil (m)	3,75
Dimensão das passagens (m)	0,65 x 0,65
Largura do canal de água floculada (m)	0,5
Decantadores	
Tipo	Retangulares de escoamento horizontal
Número de unidades	2
Comprimento (m)	17
Largura (m)	5
Profundidade (m)	3,3
Número de comportas por decantador	2
Dimensões das comportas de acesso (m)	0,50 x 0,50

Diâmetro dos orifícios da cortina (m)	0,10
Espaçamento vertical de eixo a eixo (m)	0,45
Espaçamento horizontal de eixo a eixo (m)	0,45
Perímetro das calhas de coleta (m)	26
Filtração	
Tipo	Descendente de leito duplo
Número de unidades	2
Área de cada unidade(m)	13,2
Expansão do leito filtrante durante a lavagem (%)	32
Descrição da lavagem auxiliar	Manual com água e rastelamento
Tanque de contato	
Volume (m ³)	7,5
Breve descrição do tanque	A água entra na parte inferior do tanque, recebe o cloro, verte por uma chicana na parte superior e sai num vertedor do tanque para a tubulação que vai para o reservatório de distribuição

Tabela 9-24 – Características físicas da ETA II

Mitura Rápida	
Tipo	Turbina de fluxo axial com 8 pás e 1,2 m de diâmetro
Rotações por minuto	57
Dimensões da câmara (m)	4,5 x 4,5 x 4,5
Dimensões das passagens(m)	4,5 x 1,8
Floculador	
Tipo	Mecanizado -turbina de 4 pás de 0,90 m de diâmetro
Número de potência	0,75
Rotações 1 ^a – 2 ^a – 3 ^a – 4 ^a câmaras (rpm)	54 – 41 – 34 – 26
Número de unidades	16
Número de câmaras por unidade	4
Área de cada câmara (m ²)	20,30
Profundidade útil (m)	3,90
Dimensão das passagens (m)	3,0 x 1,4
Largura do canal de água floculada (m)	Não há canal
Decantadores	
Tipo	Retangulares de escoamento horizontal
Número de unidades	4

Comprimento (m)	91,6
Largura (m)	21,7
Profundidade (m)	3,3
Número de comportas de acesso por decantador (m)	4
Dimensões das comportas de acesso (m)	0,50 x 0,50
Diâmetro dos orifícios da cortina (m)	0,10
Espaçamento vertical de eixo a eixo (m)	0,61
Espaçamento vertical de eixo a eixo (m)	0,61
Perímetro das calhas de coleta (m)	26
Filtração	
Tipo	Descendente de leito simples
Número de unidades	16
Área de cada unidade(m ²)	117,92
Velocidade ascensional de água de lav. (cm/min)	92
Descrição da lavagem auxiliar	Lavagem superficial com Palmer
Tanque de contato	
Não há	

Tabela 9-25 – Características físicas da ETA III

Mitura Rápida	
Tipo	Medidor Parshall
Dimensão da garganta	3 pés
Floculador	
Tipo	Mecanizado de paletas
Número de unidades	2
Número de câmaras por unidade	3
Área de cada câmara (m ²)	29,15
Profundidade útil (m)	3,0
Diâmetro (m)	4
Número de braços	4
Número de paletas por braço	4
Largura de cada paleta (m)	0,15
Distância entre paletas (m)	0,10
Altura da paleta (m)	2,6
Dimensão das passagens (m)	1,00 x 1,40
Largura do canal de água floculada (m)	1, 0,70 e 0,40
Decantadores	
Tipo	Retangulares de escoamento horizontal
Número de unidades	2
Comprimento (m)	33,25
Largura (m)	12,4
Profundidade (m)	3,8

Número de comportas por decantador (m)	3
Dimensões das comportas de acesso (m)	0,60 x 0,69
Diâmetro dos orifícios da cortina (m)	0,10
Espaçamento vertical entre orifícios de eixo a eixo (m)	0,52
Espaçamento horizontal entre orifícios de eixo a eixo (m)	0,31
Perímetro das calhas de coleta por decantador (m)	138,89
Filtração	
Tipo	Descendente de leito simples
Número de unidades	12
Área de cada unidade(m ²)	17
Velocidade ascensional de água de lavagem (cm/min)	85
Descrição da lavagem auxiliar	Com ar comprimido
Tanque de contato	
Volume (m ³)	520
Breve descrição do tanque	entrada por uma comporta de 1,50x1,50(m) e saída por vertedor

Tabela 9-26 – Características físicas da ETA IV

Mitura Rápida	
Tipo	Vertedor triangular
Floculador	
Tipo	Hidráulico de passagem forçada
Número de unidades	2
Número de câmaras por unidade	4
Área de cada câmara (m ²)	34,58
Profundidade útil (m)	3,28
Dimensão das passagens (m)	0,30 x 5,85
Largura do canal de água floculada (m)	Não há canal
Decantadores	
Tipo	Retangulares de escoamento horizontal
Número de unidades	2
Comprimento (m)	27,5
Largura (m)	12
Profundidade (m)	4,69
Número de comportas de acesso por decantador (m)	1
Dimensões das comportas de	0,30 x 5,85

acesso (m)	
Diâmetro dos orifícios da cortina (m)	0,08
Espaçamento vertical entre os orifícios de eixo a eixo (m)	0,53
Espaçamento horizontal entre os orifícios de eixo a eixo (m)	0,53
Perímetro das calhas de coleta por decantador (m)	80,8
Filtração	
Tipo	Descendente de leito duplo
Número de unidades	3
Área de cada unidade(m ²)	44
Velocidade ascensional de água de lav.(cm/min)	78
Descrição da lav. auxiliar	Lavagem superficial com água
Tanque de contato	
Não há. A cloração é realizada em uma caixa de entrada e na tubulação de saída (pré e pós cloração)	

Tabela 9-27 – Características físicas da ETA V

Mitura Rápida	
Tipo	Medidor Parshall
Dimensão da garganta	1,5 pés
Floculador – ETA V. A	
Tipo	Mecanizado de turbina de 0,90 m de diâmetro
Número de unidades	1
Número de câmaras por unidade	5
rotações 1ª, 2ª, 3ª, 4ª e 5ª câmaras (rpm)	51 – 46 – 33 – 32 – 31
Área de cada câmara (m ²)	22,79
Profundidade útil (m)	3,60
Dimensão das passagens (m)	0,75 x 0,75
Largura do canal de água floculada (m)	1
Floculador – ETA V.B	
Tipo	Mecanizado de turbina de 0,90 m de diâmetro
Número de unidades	1
Número de câmaras por unidade	5
rotações 1ª, 2ª, 3ª, 4ª e 5ª câmaras (rpm)	51 – 46 – 33 – 32 – 31
Área de cada câmara (m ²)	19,80
Profundidade útil (m)	3,60
Dimensão das passagens (m)	0,75 x 0,75
Decantadores– ETA V. A	
Tipo	Retangulares de escoamento horizontal
Número de unidades	3
Comprimento (m)	28
Largura (m)	9,15
Profundidade (m)	3,60
Número de comportas de acesso por decantador	1
Dimensões das comportas de acesso (m)	1,00 x 1,00
Dimensões dos orifícios da cortina (m)	0,30 x 0,20
Espaçamento vertical entre orifícios de eixo a eixo (m)	Só há uma fileira de furos
Espaçamento horizontal	0,90

entre orifícios de eixo a eixo (m)	
Perímetro das calhas de coleta (m)	38,60
Decantadores– ETA V. B	
Tipo	Retangulares de escoamento horizontal
Número de unidades	3
Comprimento (m)	20
Largura (m)	8,80
Profundidade (m)	3,60
Número de comportas por decantador (m)	1
Dimensões das comportas de acesso (m)	0,70 x 0,75
Dimensões dos orifícios da cortina (m)	0,30 x 0,20
Espaçamento vertical entre orifícios de eixo a eixo (m)	Só há uma fileira de furos
Espaçamento horizontal entre orifícios de eixo a eixo (m)	0,90
Perímetro das calhas de coleta (m)	20
Filtração	
Tipo	Descendente de leito duplo
Número de unidades	6
Área de cada unidade(m ²)	24,30
Velocidade ascensional de água de lavagem (cm/min)	80
Descrição da lavagem auxiliar	Injeção de ar comprimido por 5 minutos, no sentido ascendente. Após a injeção de ar, aplica-se água tratada advinda de reservatórios elevados por cerca de 10 a 11 minutos.
Tanque de contato	
Número de unidades	1 com 8 chicanas
Volume para contato	393,30
Breve descrição	Entrada e saída: tubulação de 600mm.

Tabela 9-28 – Características físicas da ETA VI

Mitura Rápida	
Tipo	Medidor Parshall
Dimensão da garganta	9"
Floculador	
Tipo	Hidráulico de fluxo helicoidal
Número de unidades	2
Número de câmaras por unidade	12
Área de cada câmara (m ²)	2,64
Profundidade útil (m)	4,00
Diâmetro das passagens (m)	0,32 a 0,50
Largura do canal de água floculada (m)	1,7 m
Decantadores	
Tipo	Retangulares de escoamento horizontal
Número de unidades	3
Comprimento (m)	17,00
Largura (m)	9,00
Profundidade (m)	4,00
Número de comportas por decantador	4
Dimensões das comportas de acesso (m)	0,30 x 0,60

Diâmetro dos orifícios da cortina (m)	0,10
Espaçamento vertical entre orifícios(eixo a eixo) (m)	0,60
Espaçamento horizontal entre orifícios(eixo a eixo) (m)	0,60
Perímetro das calhas de coleta (m)	26
Filtração	
Tipo	Descendente de leito duplo
Número de unidades	6
Área de cada unidade(m)	18,22
Expansão do leito filtrante (%)	28,83
Descrição da lavagem auxiliar	Lavagem manual com água
Tanque de contato	
Volume (m ³)	368,40
Breve descrição do tanque	Tanque com 7 chicanas. Entrada em tubo de FOFO, diâmetro de 400 mm e saída para o poço de sucção da elevatória de água tratada através de vertedor retangular nas dimensões de 0,85 x 0,70

Tabela 9-29 – Características físicas da ETA VII

Mitura Rápida	
Tipo	Medidor Parshall
Dimensão da garganta	2 pés
Floculador	
Tipo	Mecanizado -turbina de 0,90 m de diâmetro
Número de unidades	3
Número de câmaras por unidade	3
Rotações 1 ^a – 2 ^a – 3 ^a câmaras (rpm)	60 – 50 – 25
Número de potência	0,75
Área de cada câmara (m ²)	35,28
Profundidade útil (m)	4,45
Dimensão das passagens (m)	1,00 x 1,30
Largura do canal de água floculada (m)	0,60
Decantadores	
Tipo	Retangulares de escoamento horizontal
Número de unidades	2
Comprimento (m)	48
Largura (m)	17

Profundidade (m)	4,45
Número de comportas por decantador	3
Dimensões das comportas de acesso (m)	0,83 x 0,83
Dimensões dos orifícios da cortina (m)	0,15 x 0,20
Espaçamento vertical entre orifícios de eixo a eixo (m)	0,5
Espaçamento vertical entre orifícios de eixo a eixo (m)	0,5
Perímetro das calhas de coleta por decantador (m)	97,2
Filtração	
Tipo	Descendente de leito simples
Número de unidades	6
Área de cada unidade(m ²)	71,3
Velocidade ascensional de água de lavagem (m)	78
Descrição da lavagem auxiliar	Lavagem superficial com Palmer
Tanque de contato	
Não há	

Tabela 9-30 – Características físicas da ETA VIII

Mitura Rápida	
Tipo	Vertedor Tulipa
Diâmetro (m)	1,8
Floculador	
Tipo	Mecanizado -turbina de 1,5 m de diâmetro
Número de potência	1,65
Número de unidades	16
Número de câmaras por unidade	3
Rotações 1ª – 2ª – 3ª câmaras (rpm)	22 – 17 – 9
Área de cada câmara (m ²)	42,25
Profundidade útil (m)	4
Dimensão das passagens (m)	1,86 x 1,30
Largura do canal de água floculada (m)	Não há canal
Decantadores	
Tipo	Retangulares de escoamento horizontal
Número de unidades	4
Comprimento (m)	76
Largura (m)	26
Profundidade (m)	4

Número de comportas por decantador	3
Dimensões das comportas de acesso (m)	1,85 x 0,35
Diâmetro dos orifícios da cortina (m)	0,14
Espaçamento vertical entre orifícios de eixo a eixo (m)	0,52
Espaçamento horizontal entre orifícios de eixo a eixo (m)	0,64
Perímetro das calhas de coleta por decantador (m)	700
Filtração	
Tipo	Descendente de leito duplo
Número de unidades	10
Área de cada unidade(m ²)	59,24
Velocidade ascensional de água de lavagem (cm/min)	80
Descrição da lavagem auxiliar	Com ar e água
Tanque de contato	
Não há	

Tabela 9-31 – Características físicas da ETA IX.A

Mitura Rápida	
Tipo	Medidor Parshall
Dimensão da garganta	9"
Floculador	
Tipo	Hidráulico de passagem forçada
Número de unidades	1
Número de câmaras por unidade	7
Área de cada câmara (m ²)	4,41
Profundidade útil (m)	3,75
Dimensões das passagens (m)	0,56 x 0,86
Largura do canal de água floculada (m)	0,5
Decantadores	
Tipo	Retangulares de escoamento horizontal
Número de unidades	2
Comprimento (m)	27,00
Largura (m)	6,35
Profundidade (m)	3,70
Número de comportas por decantador	1
Dimensões das	0,50 x 0,50

comportas de acesso (m)	
Diâmetro dos orifícios da cortina (m)	0,06
Espaçamento vertical entre orifícios de eixo a eixo (m)	0,48
Espaçamento horizontal entre orifícios de eixo a eixo (m)	0,70
Perímetro das calhas de coleta (m)	38,7
Filtração	
Tipo	Descendente de leito simples
Número de unidades	3
Área de cada unidade(m)	17,62
Velocidade asc.de água de lavagem (cm/min)	80
Descrição da lavagem auxiliar	Hidráulica na camada superficial
Tanque de contato	
Volume (m ³)	588
Breve descrição do tanque	Tanque com 2 chicanas. A entrada DN 350, se dá a 2,60 de prof. Segue por uma chicana e daí para reservação, saída DN 300, que é sucção para a distribuição.

Tabela 9-32 – Características físicas da ETA IX.B

Mitura Rápida			
Tipo	Medidor Parshall	Profundidade (m)	3,70
Dimensão da garganta	1,5 pés	Número de comportas por decantador	1
Floculador		Dimensões das comportas de acesso (m)	0,90 x 0,50
Tipo	Mecanizado de paletas	Diâmetro dos orifícios da cortina (m)	0,08
Número de unidades	1	Espaçamento vertical de eixo a eixo (m)	0,5
Número de câmaras por unidade	4	Espaçamento horizontal de eixo a eixo (m)	0,5
Área de cada câmara (m ²)	19,94	Perímetro das calhas de coleta (m)	38,7
Profundidade útil (m)	4,10	Filtração	
Diâmetro (m)	3,60	Tipo	Descendente de leito duplo
Número de braços	4	Número de unidades	4
Número de paletas por braço	4	Área de cada unidade(m)	18,69
Largura da paleta (m)	0,15	Velocidade ascensional de água de lavagem (cm/min)	80
Espaçamento entre paletas (m)	0,10	Descrição da lavagem auxiliar	Hidráulico na camada superficial
Altura da paleta (m)	3,45	Tanque de contato	
Dimensões das passagens (m)	2,00 x 0,75	Volume (m ³)	588
Largura do canal de água floculada (m)	0,4	Breve descrição do tanque	Tanque com 2 chicanas. A entrada DN 350, se dá a 2,60 de prof. Segue por uma chicana e daí para reservação, saída DN 300,
Decantadores			
Tipo	Retangulares de escoamento horizontal		
Número de unidades	2		
Comprimento (m)	27,00		
Largura (m)	6,35		

Tabela 9-33 – Características físicas da ETA X

Mitura Rápida			
Tipo	Medidor Parshall	Diâmetro dos orifícios da cortina (m)	0,10
Dimensão da garganta	9"	Espaçamento vertical de eixo a eixo (m)	0,70
Floculador		Espaçamento horizontal de eixo a eixo (m)	0,67
Tipo	Hidráulico de passagem forçada	Perímetro das calhas de coleta (m)	80
Número de unidades	1	Filtração	
Número de câmaras por unidade	11	Tipo	Descendente de leito duplo
Área de cada câmara (m ²)	5,18	Número de unidades	2
Profundidade útil (m)	3,35	Área de cada unidade(m)	20
Dimensões das passagens (m)	0,45 x 0,66	Velocidade ascensional de água de lavagem (cm/min)	75
Largura do canal de água floculada (m)	0,60	Descrição da lavagem auxiliar	Lavagem manual com água
Decantadores		Tanque de contato	
Tipo	Retangularde escoamento horizontal	Volume (m ³)	168
Número de unidades	2	Breve descrição do tanque	Tanque com 4 chicanas. Entrada tubulação de 300 mm seguido de um canal de 60 cm de largura.
Comprimento (m)	23		
Largura (m)	5,1		
Profundidade (m)	3,3		
Número de comportas por decantador	2		
Dimensões das comportas de acesso (m)	0,50 x 0,80		

APÊNDICE XII

Tabelas resumos

Tabela 9-34 – Valores das vazões para os períodos seco e chuvoso

Vazões (L/s)						
Estações	Média	Mediana	Mínimo	Máximo	1º Quartil	3º Quartil
ETA I	86,0	83,5	82,2	95,0	83,5	90,0
ETA II	4989,5	5041,7	3962,2	5686,7	4809,4	5204,9
ETA III	605,3	618,8	453,8	650,0	581,3	650,0
ETA IV	523,6	522,1	419,4	621,5	494,4	552,3
ETA V	235,6	228,2	80,0	321,1	211,8	267,5
ETA VI	159,5	160,2	129,7	187,0	154,9	165,5
ETA VII	598,2	609,7	410,6	712,7	576,4	639,1
ETA VIII	3622,4	3630,2	3230,0	3872,0	3588,0	3669,9
ETA IX.A	156,2	156,3	64,1	189,3	145,2	168,7
ETA IX.B	163,9	162,9	137,1	206,3	157,7	169,8
ETA X	85,0	84,6	52,3	112,5	78,9	91,2

Tabela 9-35 – Definição dos períodos de dados

Estações	Período chuvoso	Período seco	Período de coleta de dados
ETA I	Nov/03 - Dez/03 – Jan/04	Jun/03 – Jul/03 – Ago/03	Fev/03 a Jan/04
ETA II	Jan/04 – Fev/04 – Mar/04	Jul/03 – Ago/03 – Set/03	Jul/03 a Jun/04
ETA III	Jan/03 – Fev/03 – Mar/03	Jun/03 – Jul/03 – Ago/03	Jan/03 a Dez/03
ETA IV	Jan/03 – Fev/03 – Mar/03	Jun/03 – Jul/03 – Ago/03	Jan/03 a Dez/03
ETA V	Jan/03 – Fev/03 – Mar/03	Abr/03 – Mai/03 – Jun/03	Jan/03 a Jun/03
ETA VI	Nov/03 - Dez/03 – Jan/04	Jun/03 – Jul/03 – Ago/03	Fev/03 a Jan/04
ETA VII	Jan/04 – Fev/04 – Mar/04	Ago/03 – Set/03 – Out/03	Ago/03 a Jul/04
ETA VIII	Jan/03 – Fev/03 – Mar/03	Jun/03 – Jul/03 – Ago/03	Jan/03 a Dez/03
ETA IX.A	Jan/02 – Fev/02 – Mar/02	Jun/02 – Jul/02 – Ago/02	Jan/02 a Dez/02
ETA IX.B	Jan/04 – Fev/04 – Mar/04	Abr/04 – Mai/04 – Jun/04	Jan/04 a Jun/04
ETA X	Nov/02 - Dez/02 – Jan/03	Ago/02 – Set/02 – Out/02	Ago/02 a Jan/03

Tabela 9-36 – Valores utilizados para a construção dos diagramas de dispersão para o período chuvoso

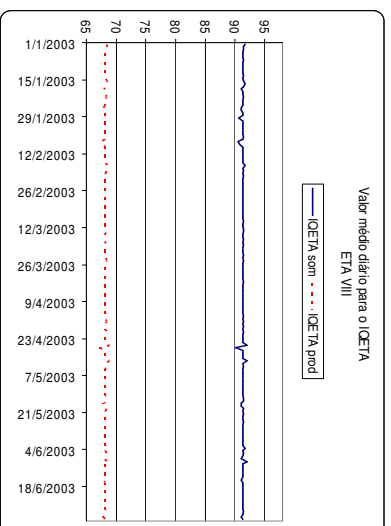
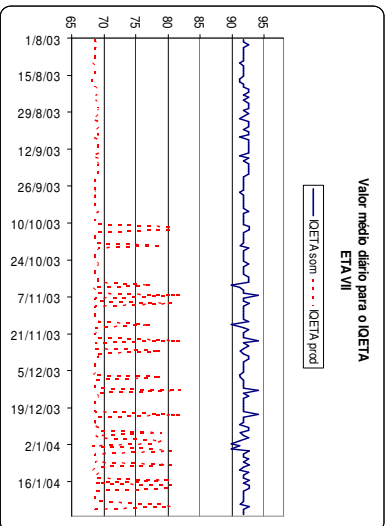
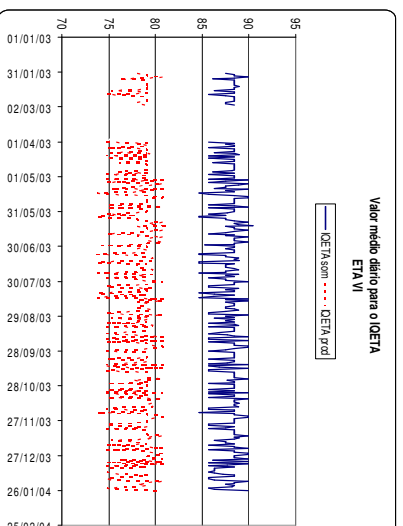
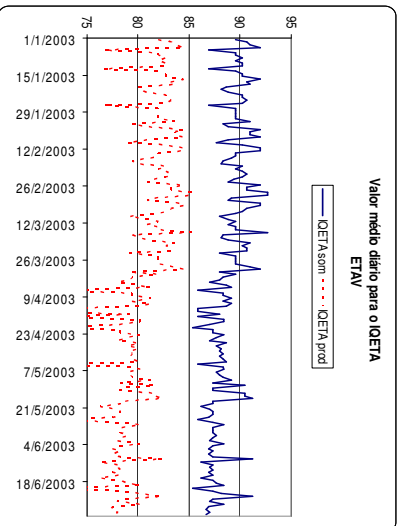
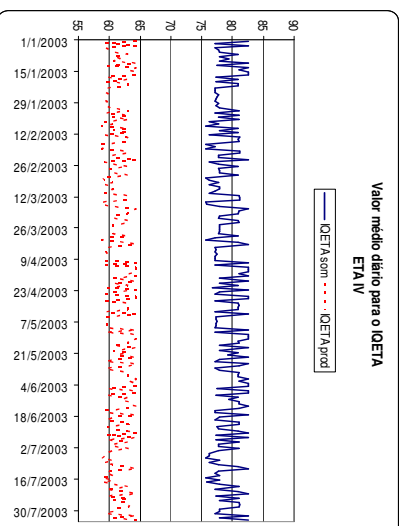
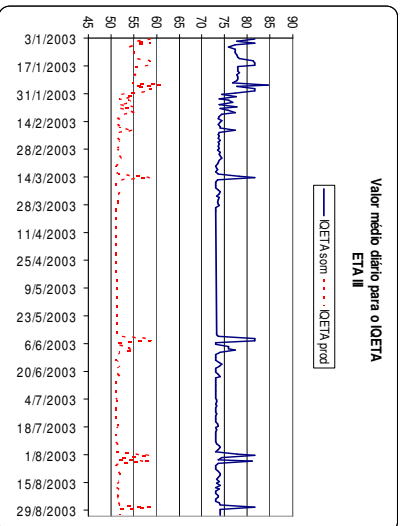
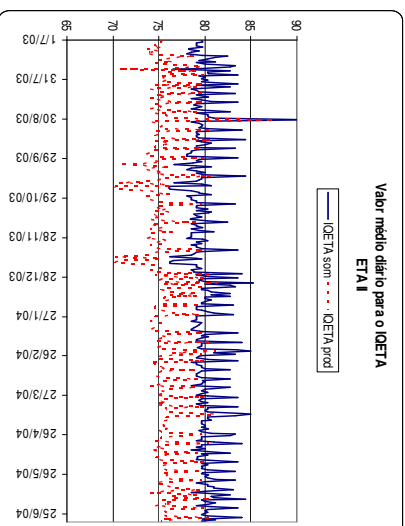
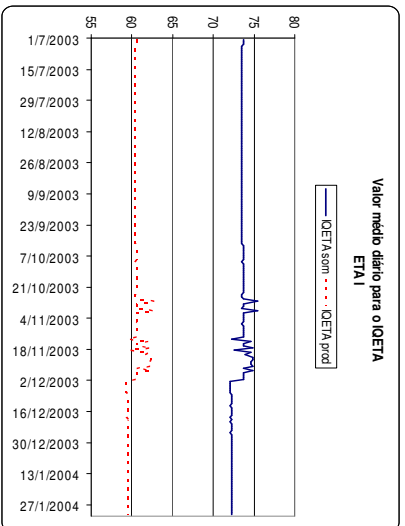
Estações	Período Chuvoso							Mediana para o período	
	Metas a serem atingidas						IQETA Somatório	IQETA Produtório	
	<=1	<=0,7	<=0,5	<=0,3	<=0,1	95%			
ETA I	100,0	36,3	1,1	0,0	0,0	0,9	72,8	60,0	
ETA II	100,0	100,0	100,0	78,0	0,0	0,4	80,3	76,0	
ETA III							75,7	53,5	
ETA IV							78,8	61,1	
ETA V	100,0	100,0	100,0	100,0	73,3	0,2	89,9	82,1	
ETA VI	100,0	100,0	100,0	93,1	0,0	0,3	87,9	78,1	
ETA VII			100,0	89,0		0,3	91,8	71,3	
ETA VIII	100,0	100,0	100,0	83,3	7,8	0,4	91,3	68,1	
ETA IX.A	83,3	71,1	57,8	10,0	0,0	1,9	77,6	55,1	
ETA IX.B	97,8	95,6	71,4	0,0	0,0	0,7	88,0	65,6	
ETA X	100,0	97,8	85,7	28,6	0,0	0,6	88,5	69,2	

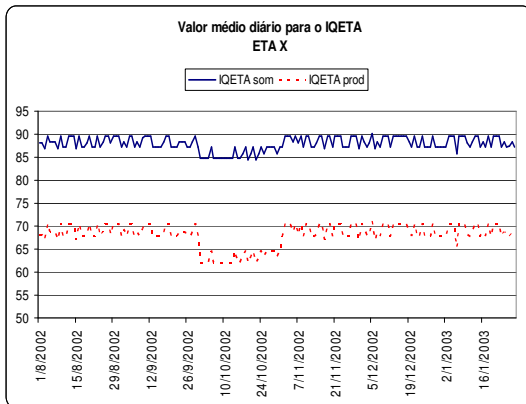
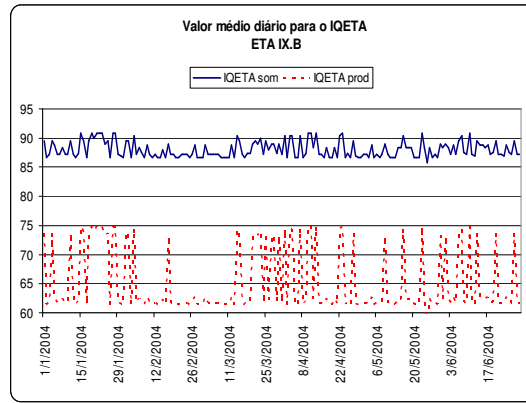
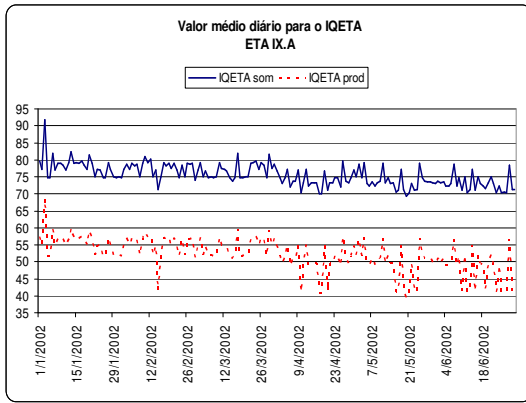
Tabela 9-37 – Valores utilizados para a construção dos diagramas de dispersão para o período seco

Período Seco								
Estações	Metas a serem atingidas						Mediana para o período	
	≤ 1	$\leq 0,7$	$\leq 0,5$	$\leq 0,3$	$\leq 0,1$	95%	IQETA Somatório	IQETA Produtório
ETA I	100,0	30,8	0,0	0,0	0,0	0,8	73,5	60,4
ETA II	100,0	100,0	97,8	53,3	0,0	0,4	80,0	75,6
ETA III							74,0	51,9
ETA IV							79,2	61,5
ETA V	100,0	100,0	100,0	82,4	67,0	0,4	78,4	78,4
ETA VI	100,0	100,0	100,0	100,0	0,0	0,2	87,7	78,0
ETA VII	100,0	100,0	100,0	97,8	0,0	0,3	92,0	69,2
ETA VIII	100,0	100,0	98,9	94,6	32,6	0,3	91,3	68,1
ETA IX.A	100,0	100,0	98,9	85,9	0,0	0,3	71,3	43,8
ETA IX.B	100,0	100,0	91,2	11,0	0,0	0,5	88,0	64,7
ETA X	100,0	98,9	97,8	62,0	0,0	0,4	87,5	66,9

APÊNDICE XIII

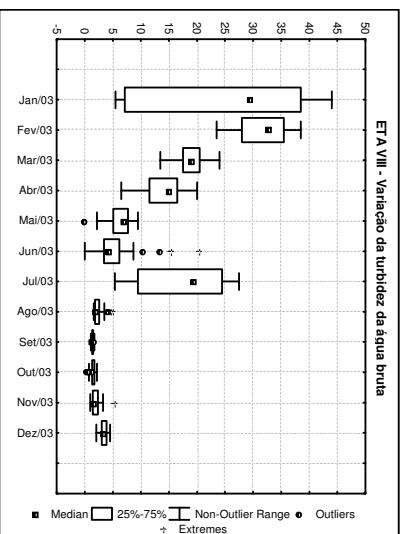
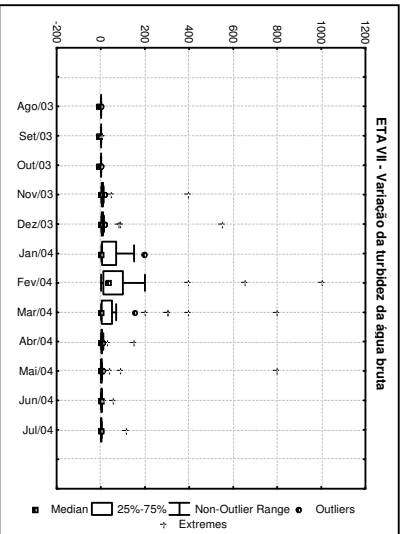
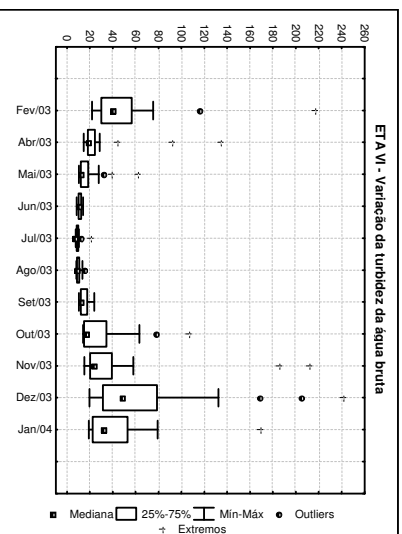
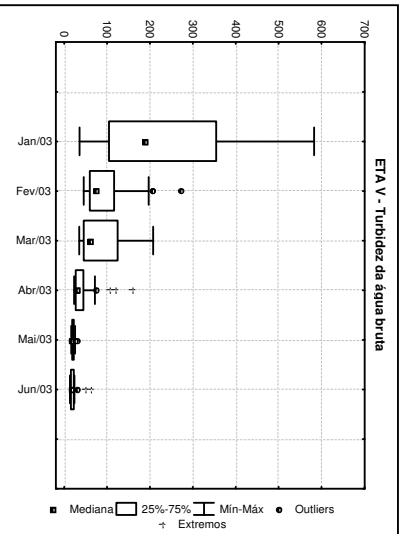
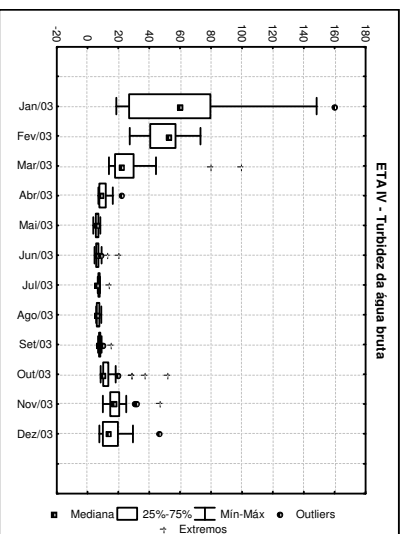
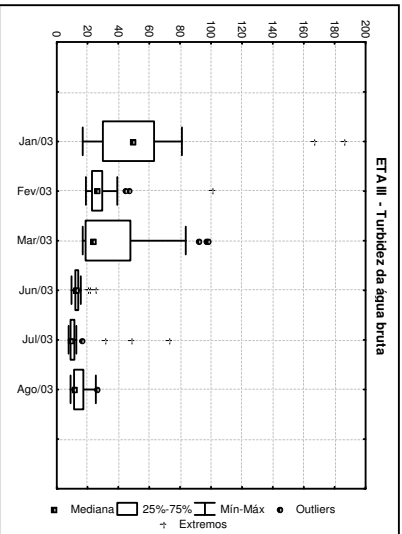
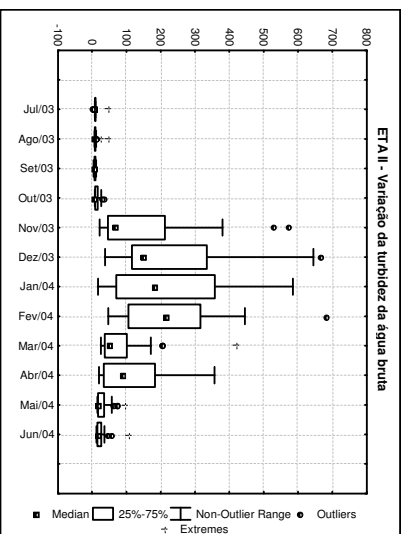
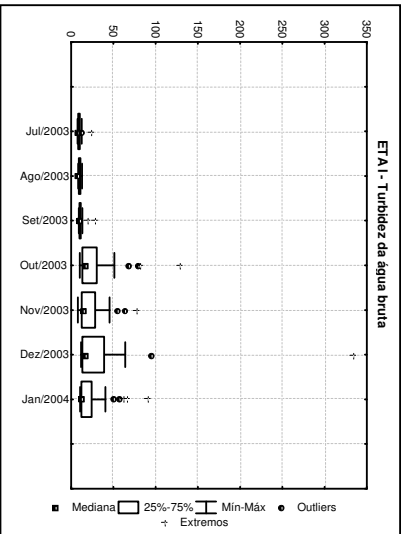
Varição anual do IQETA nas formas de produtório e somatório

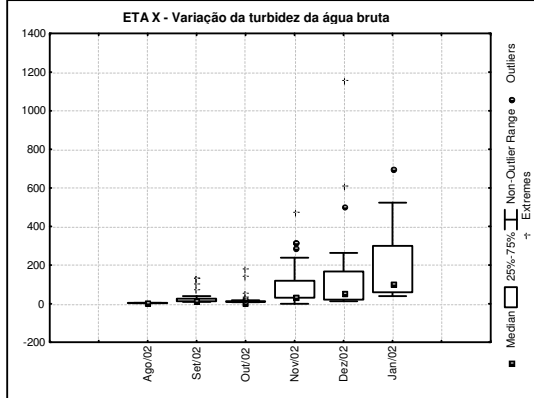
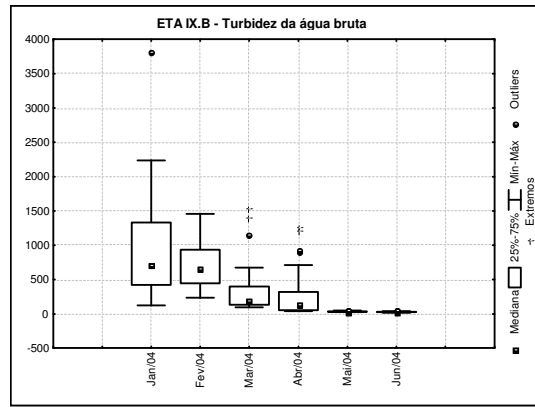
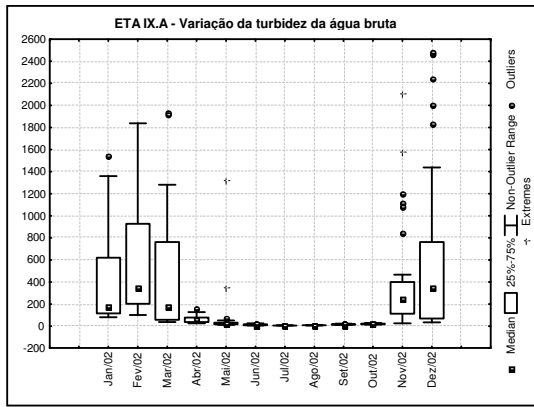




APÊNDICE XIV

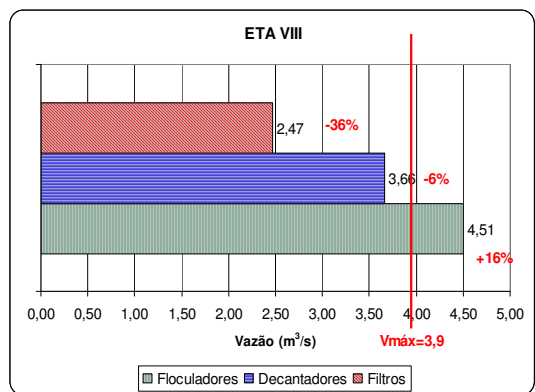
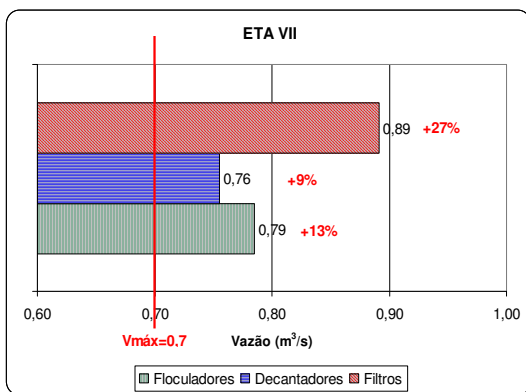
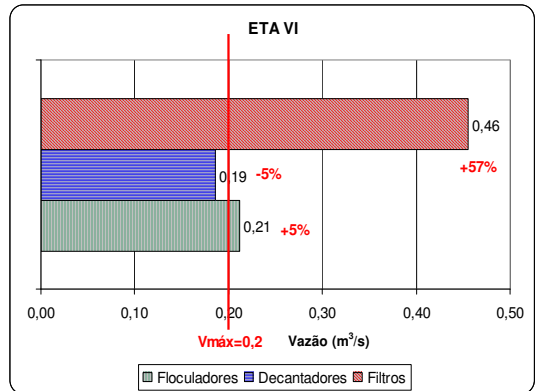
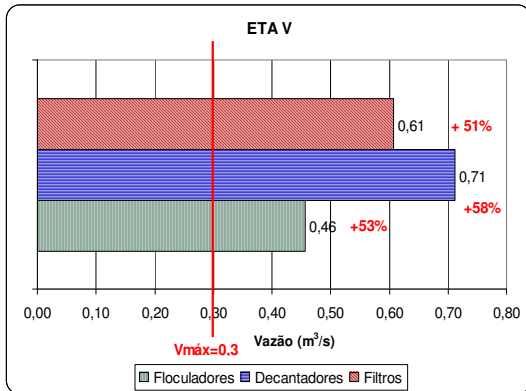
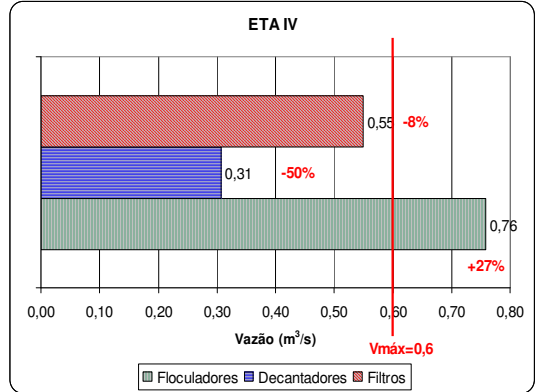
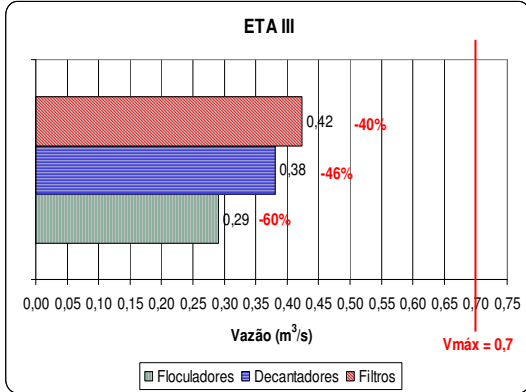
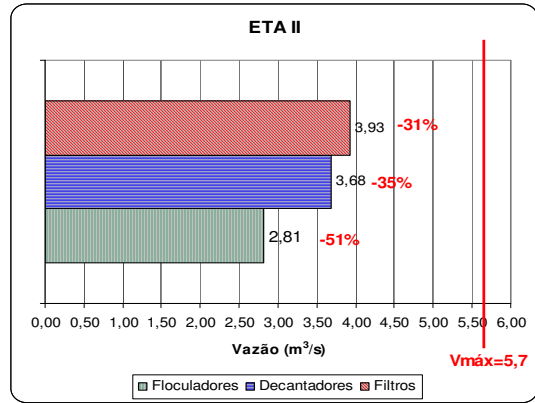
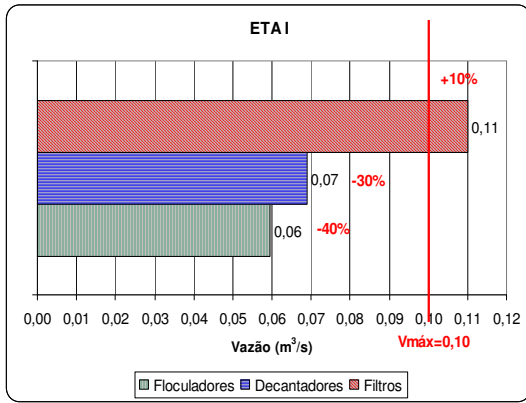
Varição anual da turbidez da água bruta

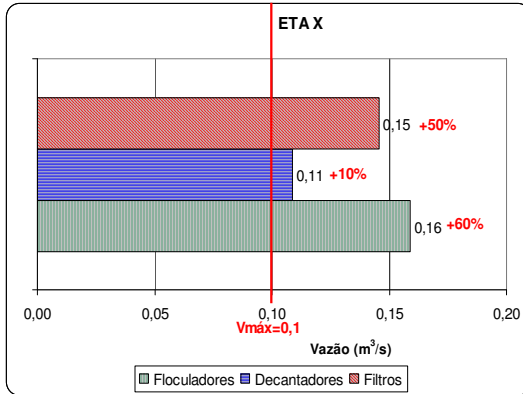
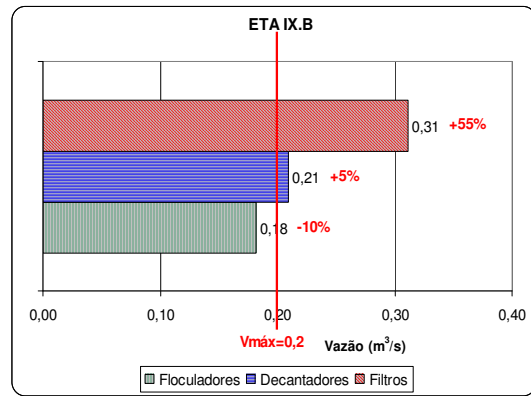
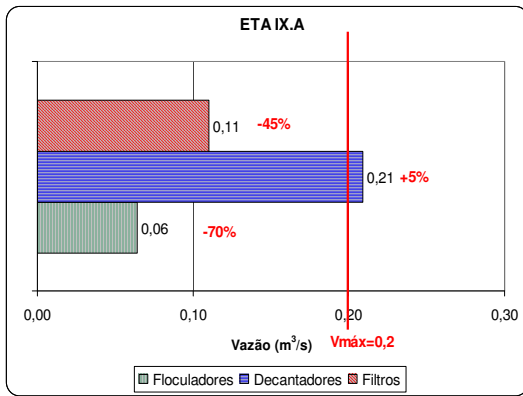




APÊNDICE XV

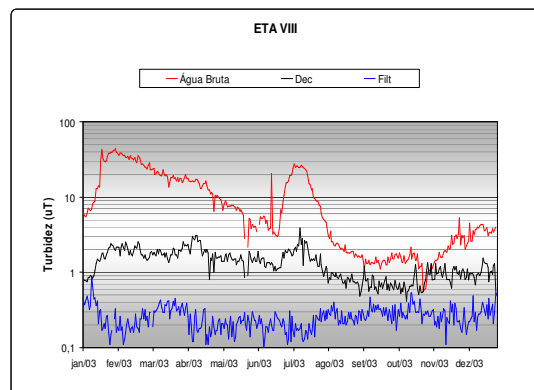
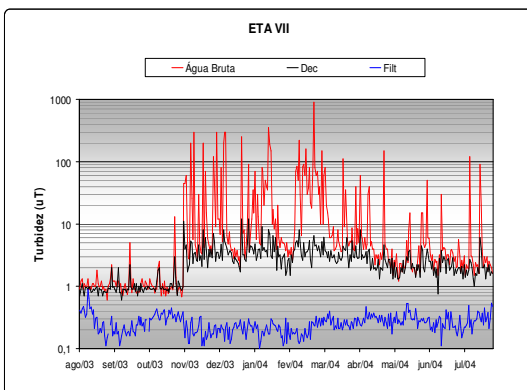
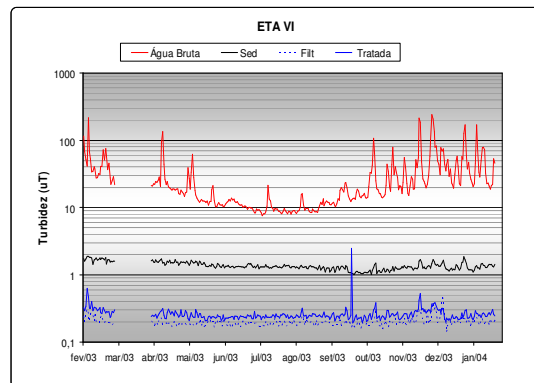
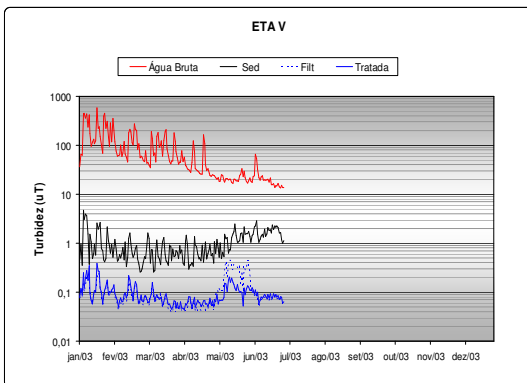
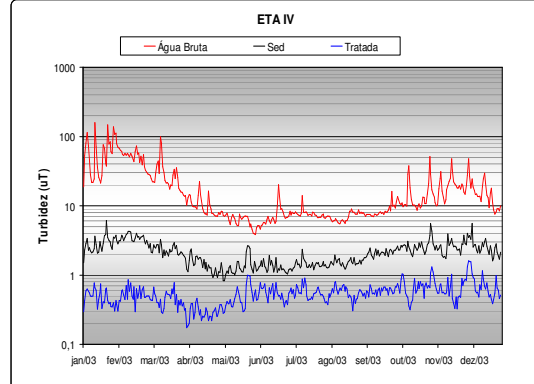
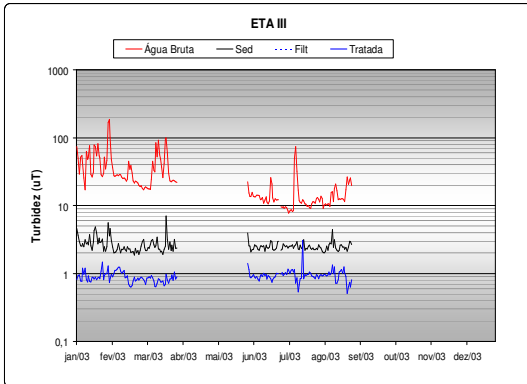
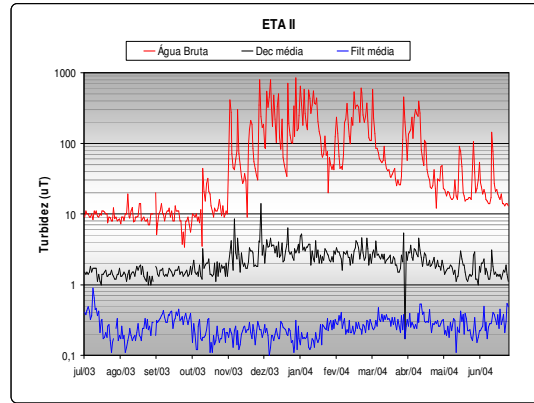
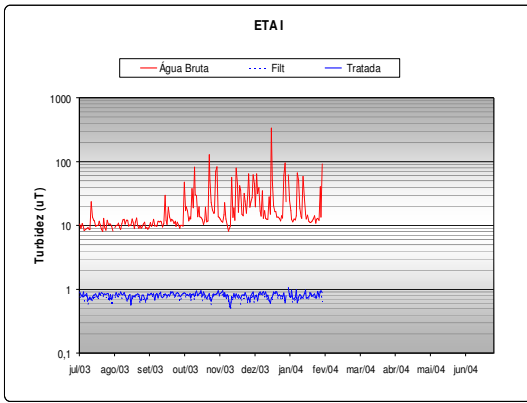
Capacidade das Estações

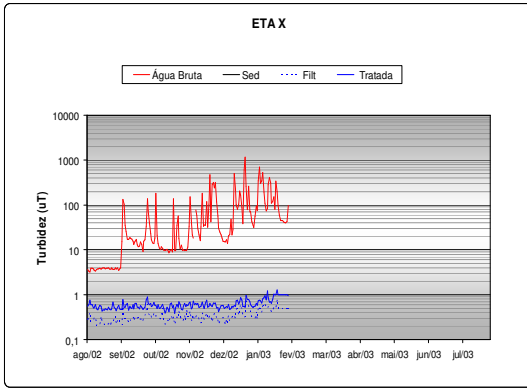
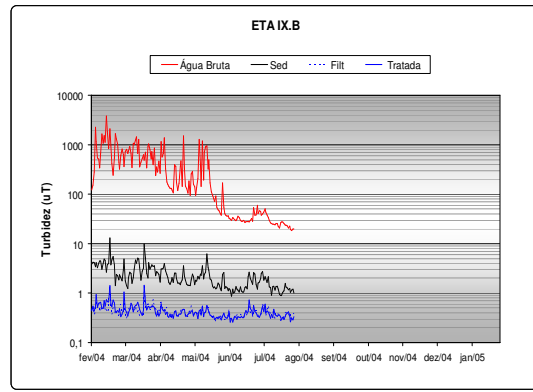
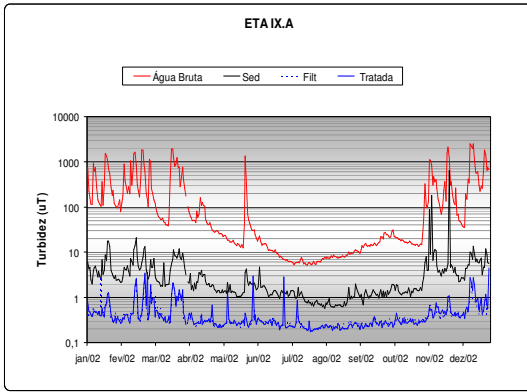




APÊNDICE XVI

Correlação entre os valores de turbidez para as águas bruta, decantada e filtrada





APÊNDICE XVII

Pontuações médias mensais atribuídas às estações

Tabela 9-38 – Valores médios mensais do IQETA calculado com a fórmula do somatório e produtório para a ETA I

ETA I – Somatório								
Mês/Ano	Valores Parciais						IQETA mensal médio	IQETA parcial médio
	M.Rápida	Floculação	Decantação	Filtração	Desinfecção	Operação		
jul-03	9	11	25	17	1	8	72	53
ago-03	9	11	25	17	1	8	71	53
set-03	9	11	25	17	1	8	71	53
out-03	9	12	26	17	1	8	73	54
nov-03	9	12	26	17	1	8	73	54
dez-03	9	11	25	17	1	8	72	53
jan-04	9	10	24	17	1	8	70	51
IQETA Média anual	9	12	26	17	1	8	73	54
ETA I – Produtório								
Mês/Ano	Valores Parciais						IQETA mensal médio	IQETA parcial médio
	M.Rápida	Floculação	Decantação	Filtração	Desinfecção	Operação		
jul-03	1,5	2,2	3,3	2,2	1,2	1,7	50	9
ago-03	1,5	2,2	3,3	2,2	1,2	1,7	50	9
set-03	1,5	2,2	3,3	2,2	1,2	1,7	50	9
out-03	1,5	2,3	3,3	2,2	1,2	1,7	52	9
nov-03	1,5	2,3	3,3	2,2	1,2	1,7	52	9
dez-03	1,5	2,2	3,3	2,2	1,2	1,7	50	9
jan-04	1,5	2,2	3,3	2,2	1,2	1,7	50	9
IQETA Média anual	2	2	3	2	1	2	52	9

Tabela 9-39- Valores médios mensais do IQETA calculado com a fórmula do somatório e produtório para a ETA II

ETA II – Somatório									
Mês/Ano	Valores Parciais						IQETA mensal médio	IQETA parcial médio	
	M.Rápida	Floculação	Decantação	Filtração	Desinfecção	Operação			
jul-03	5	16	19	18	7	13	78	53	
ago-03	5	16	19	17	7	13	77	53	
set-03	5	16	19	17	7	13	77	53	
out-03	5	16	18	17	7	13	76	52	
nov-03	5	16	19	17	7	13	77	53	
dez-03	5	16	19	17	7	13	77	53	
jan-04	5	17	20	18	7	13	79	54	
fev-04	5	17	20	18	7	13	79	54	
mar-04	5	17	20	18	7	13	79	54	
abr-04	5	16	20	18	7	13	79	54	
mai-04	5	17	20	18	7	13	79	55	
jun-04	5	17	20	18	7	13	79	55	
IQETA Média anual	5	16	19	18	7	13	78	54	
ETA II -Produtório									
Mês/Ano	Valores Parciais						IQETA mensal médio	IQETA parcial médio	
	M.Rápida	Floculação	Decantação	Filtração	Desinfecção	Operação			
jul-03	1,4	2,7	3,0	2,5	1,4	1,8	72	22	
ago-03	1,4	2,7	3,0	2,5	1,4	1,8	71	21	
set-03	1,4	2,7	3,0	2,5	1,4	1,8	71	21	
out-03	1,4	2,7	3,0	2,5	1,4	1,8	70	21	
nov-03	1,4	2,7	3,0	2,5	1,4	1,8	71	21	
dez-03	1,4	2,7	3,0	2,5	1,4	1,8	72	21	
jan-04	1,4	2,8	3,1	2,5	1,4	1,8	74	22	
fev-04	1,4	2,8	3,0	2,5	1,4	1,8	74	22	
mar-04	1,4	2,8	3,0	2,5	1,4	1,8	74	22	
abr-04	1,4	2,8	3,1	2,5	1,4	1,8	74	22	
mai-04	1,4	2,8	3,1	2,5	1,4	1,8	75	22	
jun-04	1,4	2,8	3,1	2,5	1,4	1,8	74	22	
IQETA Média anual	1	3	3	2	1	2	73	22	

Tabela 9-40 - Valores médios mensais do IQETA calculado com a fórmula do somatório e produtório para a ETA III

ETA III - Somatório									
Mês/Ano	Valores Parciais						IQETA mensal médio	IQETA mensal médio	
	M.Rápida	Floculação	Decantação	Filtração	Desinfecção	Operação			
jan-03	9	18	15	19	5	13	79	55	
fev-03	9	16	14	18	5	13	75	52	
mar-03	9	16	14	17	4	13	74	52	
jun-03	9	16	14	17	4	13	74	52	
jul-03	9	16	14	17	4	13	73	52	
ago-03	9	16	14	18	4	13	74	52	
IQETA Média anual	9	17	14	18	5	13	75	53	
ETA III – Produtório									
Mês/Ano	Valores Parciais						IQETA mensal médio	IQETA mensal médio	
	M.Rápida	Floculação	Decantação	Filtração	Desinfecção	Operação			
jan-03	2	3	2	2	1	2	56	17	
fev-03	2	3	2	2	1	2	52	16	
mar-03	2	3	2	2	1	2	52	16	
jun-03	2	3	2	2	1	2	52	16	
jul-03	2	3	2	2	1	2	51	16	
ago-03	2	3	2	2	1	2	52	16	
IQETA Média anual	2	3	2	2	1	2	53	16	

Tabela 9-41 - Valores médios mensais do IQETA calculado com a fórmula do somatório e produtório para a ETA IV

ETA IV - Somatório									
Mês/Ano	Valores Parciais						IQETA mensal médio	IQETA mensal médio	
	M.Rápida	Floculação	Decantação	Filtração	Desinfecção	Operação			
jan-03	9	16	17	17	7	13	79	55	
fev-03	9	17	16	17	7	13	79	55	
mar-03	9	17	16	17	7	13	78	55	
abr-03	9	17	17	17	7	13	80	56	
mai-03	9	17	17	17	7	13	80	56	
jun-03	9	17	17	17	7	13	80	56	
jul-03	9	17	16	17	7	13	79	55	
ago-03	9	17	17	17	7	13	79	55	
set-03	9	17	16	17	7	13	79	55	
out-03	9	17	16	17	7	13	79	55	
nov-03	9	17	17	17	7	13	80	56	
dez-03	9	17	16	17	7	13	78	55	
IQETA Média anual	9	17	17	17	7	13	79	55	
ETA IV - Produtório									
Mês/Ano	Valores Parciais						IQETA mensal médio	IQETA mensal médio	
	M.Rápida	Floculação	Decantação	Filtração	Desinfecção	Operação			
jan-03	1,5	2,7	2,6	2,3	1,4	1,8	61	19	
fev-03	1,5	2,6	2,5	2,3	1,4	1,8	57	18	
mar-03	1,5	2,6	2,5	2,3	1,4	1,8	57	18	
abr-03	1,5	2,6	2,5	2,3	1,4	1,8	56	18	
mai-03	1,5	2,6	2,5	2,3	1,4	1,8	56	18	
jun-03	1,5	2,6	2,5	2,3	1,4	1,8	58	18	
jul-03	1,5	2,6	2,5	2,3	1,4	1,8	57	18	
ago-03	1,5	2,6	2,5	2,3	1,4	1,8	57	18	
set-03	1,5	2,1	2,5	2,3	1,4	1,8	45	14	
out-03	1,5	2,6	2,5	2,3	1,4	1,8	57	18	
nov-03	1,5	2,1	2,5	2,3	1,4	1,8	46	15	
dez-03	1,5	2,1	2,5	2,3	1,4	1,8	45	14	
IQETA Média anual	2	3	3	2	1	2	54	17	

Tabela 9-42 - Valores médios mensais do IQETA calculado com a fórmula do somatório e produtório para a ETA V

ETA V – Somatório								
Mês/Ano	Valores Parciais						IQETA mensal médio	IQETA parcial médio
	M.Rápida	Floculação	Decantação	Filtração	Desinfecção	Operação		
jan-03	9	16	26	19	4	13	87	64
fev-03	9	16	26	19	4	13	88	64
mar-03	9	16	26	19	5	13	88	64
abr-03	9	13	26	19	5	13	85	61
mai-03	9	14	26	19	4	13	85	62
jun-03	9	14	26	19	4	13	85	62
IQETA Média anual	9	14	26	19	4	13	87	63
ETA V - Produtório								
Mês/Ano	Valores Parciais						IQETA mensal médio	IQETA parcial médio
	M.Rápida	Floculação	Decantação	Filtração	Desinfecção	Operação		
jan-03	1,5	2,8	3,4	2,5	1,3	1,8	84	25
fev-03	1,5	2,8	3,4	2,5	1,3	1,8	85	25
mar-03	1,5	2,8	3,4	2,5	1,3	1,8	85	25
abr-03	1,5	2,6	3,4	2,5	1,3	1,8	80	24
mai-03	1,5	2,7	3,4	2,5	1,3	1,8	81	24
jun-03	1,5	2,7	3,4	2,5	1,3	1,8	80	24
IQETA Média anual	2	3	3	3	1	2	83	25

Tabela 9-43 - Valores médios mensais do IQETA calculado com a fórmula do somatório e produtório para a ETA VI

ETA VI - Somatório									
Mês/Ano	Valores Parciais						IQETA mensal médio	IQETA parcial médio	
	M.Rápida	Floculação	Decantação	Filtração	Desinfecção	Operação			
fev-03	9	19	24	18	5	13	88	65	
abr-03	9	19	24	18	5	13	88	65	
mai-03	9	19	24	18	5	13	88	65	
jun-03	9	19	24	18	5	13	88	65	
jul-03	9	19	24	18	5	13	88	65	
ago-03	9	19	24	18	5	13	88	65	
set-03	9	19	24	18	5	13	88	65	
out-03	9	19	24	18	5	13	88	65	
nov-03	9	19	24	18	5	13	88	65	
dez-03	9	19	24	18	5	13	88	65	
jan-04	9	18	25	18	5	13	87	64	
IQETA Média anual	9	19	24	18	5	13	88	65	
ETA VI - Produtório									
Mês/Ano	Valores Parciais						IQETA mensal médio	IQETA parcial médio	
	M.Rápida	Floculação	Decantação	Filtração	Desinfecção	Operação			
fev-03	1,5	2,9	3,3	2,2	1,3	1,8	79	26	
abr-03	1,5	2,9	3,3	2,2	1,3	1,8	78	26	
mai-03	1,5	2,9	3,3	2,2	1,3	1,8	78	26	
jun-03	1,5	2,9	3,3	2,2	1,3	1,8	78	26	
jul-03	1,5	2,9	3,3	2,2	1,3	1,8	78	26	
ago-03	1,5	2,9	3,3	2,2	1,3	1,8	78	26	
set-03	1,5	2,9	3,3	2,2	1,3	1,8	78	26	
out-03	1,5	2,9	3,3	2,2	1,3	1,8	78	26	
nov-03	1,5	2,9	3,3	2,2	1,3	1,8	78	26	
dez-03	1,5	2,9	3,3	2,2	1,3	1,8	79	26	
jan-04	1,5	2,8	3,3	2,2	1,3	1,8	76	25	
IQETA Média anual	2	3	3	2	1	2	78	26	

Tabela 9-44 - Valores médios mensais do IQETA calculado com a fórmula do somatório e produtório para a ETA VII

ETA VII – Somatório								
Mês/Ano	Valores Parciais						IQETA mensal médio	IQETA parcial médio
	M.Rápida	Floculação	Decantação	Filtração	Desinfecção	Operação		
ago-03	9	24	20	19	7	13	92	66
set-03	9	24	21	19	7	13	92	66
out-03	9	24	20	19	7	13	92	66
nov-03	9	23	21	19	7	13	92	66
dez-03	9	23	21	19	7	13	92	66
jan-04	9	23	21	19	7	13	92	66
fev-04	9	23	21	19	7	13	92	66
mar-04	9	23	21	19	7	13	92	66
abr-04	9	23	21	19	7	13	92	66
mai-04	9	23	21	19	7	13	92	66
jun-04	9	23	21	19	7	13	92	66
jul-04	9	23	21	19	7	13	92	66
IQETA Média anual	9	23	21	19	7	13	92	66
ETA VII - Produtório								
Mês/Ano	Valores Parciais						IQETA mensal médio	IQETA parcial médio
	M.Rápida	Floculação	Decantação	Filtração	Desinfecção	Operação		
ago-03	1,5	3,1	2,7	2,2	1,4	1,8	69	23
set-03	1,5	3,1	2,8	2,2	1,4	1,8	71	24
out-03	1,5	3,1	2,7	2,2	1,4	1,8	69	23
nov-03	1,5	3,1	2,8	2,2	1,4	1,8	71	23
dez-03	1,5	3,1	2,8	2,2	1,4	1,8	70	23
jan-04	1,5	3,1	2,9	2,2	1,4	1,8	72	24
fev-04	1,5	3,1	2,8	2,2	1,4	1,8	70	23
abr-04	1,5	3,1	2,8	2,2	1,4	1,8	70	23
mai-04	1,5	3,1	2,7	2,2	1,4	1,8	70	23
jun-04	1,5	3,1	2,7	2,2	1,4	1,8	70	23
jul-04	1,5	3,1	2,8	2,2	1,4	1,8	70	23
ago-04	1,5	3,1	2,8	2,2	1,4	1,8	71	24
IQETA Média anual	2	3	3	2	1	2	70	23

Tabela 9-45 - Valores médios mensais do IQETA calculado com a fórmula do somatório e produtório para a ETA VIII

ETA VIII – Somatório									
Mês/Ano	Valores Parciais						IQETA mensal médio	IQETA parcial médio	
	M.Rápida	Floculação	Decantação	Filtração	Desinfecção	Operação			
jan-03	9	24	22	17	7	13	91	68	
fev-03	9	24	22	16	7	13	91	68	
mar-03	9	24	22	16	7	13	91	68	
abr-03	9	24	22	17	7	13	91	68	
mai-03	9	24	22	16	7	13	91	68	
jun-03	9	24	22	16	7	13	91	68	
jul-03	9	24	22	16	7	13	91	68	
ago-03	9	24	22	16	7	13	91	68	
set-03	9	24	22	16	7	13	91	68	
out-03	9	24	22	16	7	13	91	68	
nov-03	9	24	22	16	7	13	91	68	
dez-03	9	24	22	16	7	13	91	68	
IQETA Média anual	9	24	22	16	7	13	91	68	
ETA VIII – Produtório									
Mês/Ano	Valores Parciais						IQETA mensal médio	IQETA parcial médio	
	M.Rápida	Floculação	Decantação	Filtração	Desinfecção	Operação			
jan-03	1,5	3,1	2,8	2,1	1,4	1,8	68	24	
fev-03	1,5	3,1	2,8	2,1	1,4	1,8	68	24	
mar-03	1,5	3,1	2,8	2,1	1,4	1,8	68	24	
abr-03	1,5	3,1	2,8	2,1	1,4	1,8	68	23	
mai-03	1,5	3,1	2,8	2,1	1,4	1,8	68	24	
jun-03	1,5	3,1	2,8	2,1	1,4	1,8	68	24	
jul-03	1,5	3,1	2,8	2,1	1,4	1,8	68	24	
set-03	1,5	3,1	2,8	2,1	1,4	1,8	68	24	
out-03	1,5	3,1	2,7	2,1	1,4	1,8	68	24	
nov-03	1,5	3,1	2,8	2,1	1,4	1,8	68	24	
dez-03	1,5	3,1	2,8	2,1	1,4	1,8	68	24	
jan-04	1,5	3,1	2,8	2,1	1,4	1,8	68	24	
IQETA Média anual	2	3	3	2	1	2	68	24	

Tabela 9-46 - Valores médios mensais do IQETA calculado com a fórmula do somatório e produtório para a ETA IXA

ETA IX A – Somatório								
Mês/Ano	Valores Parciais						IQETA mensal médio	IQETA parcial médio
	M.Rápida	Floculação	Decantação	Filtração	Desinfecção	Operação		
jan-02	9	14	19	18	6	13	78	54
fev-02	9	13	19	18	6	13	78	54
mar-02	9	13	19	18	6	13	77	53
abr-02	9	11	18	17	5	13	74	51
mai-02	9	11	18	17	5	13	74	51
jun-02	9	11	18	17	5	13	73	50
jul-02	9	10	17	17	5	13	71	49
ago-02	9	9	17	17	5	13	70	48
set-02	9	9	17	17	5	13	69	48
out-02	9	9	16	16	5	13	68	47
nov-02	9	10	17	17	5	13	71	49
dez-02	9	11	18	17	6	13	73	50
IQETA Média anual	9	12	18	18	6	13	76	52
ETA IX A - Produtório								
Mês/Ano	Valores Parciais						IQETA mensal médio	IQETA parcial médio
	M.Rápida	Floculação	Decantação	Filtração	Desinfecção	Operação		
jan-02	1,5	2,7	2,6	2,2	1,4	1,8	56	19
fev-02	1,5	2,7	2,6	2,2	1,3	1,8	55	19
mar-02	1,5	2,6	2,6	2,2	1,3	1,8	54	19
abr-02	1,5	2,5	2,5	2,2	1,3	1,8	50	17
mai-02	1,5	2,5	2,5	2,1	1,3	1,8	49	17
jun-02	1,5	2,5	2,4	2,1	1,3	1,8	47	17
jul-02	1,5	2,4	2,3	2,1	1,3	1,8	43	15
set-02	1,5	2,3	2,2	2,1	1,3	1,8	41	14
out-02	1,5	2,3	2,3	2,1	1,3	1,8	40	14
nov-02	1,5	2,2	2,2	2,1	1,3	1,8	37	13
dez-02	1,5	2,4	2,3	2,1	1,3	1,8	43	15
jan-03	1,5	2,5	2,4	2,1	1,3	1,8	46	16
IQETA Média anual	2	3	3	2	1	2	52	18

Tabela 9-47 - Valores médios mensais do IQETA calculado com a fórmula do somatório e produtório para a ETA IX B

ETA IX B – Somatório								
Mês/Ano	Valores Parciais						IQETA mensal médio	IQETA parcial médio
	M.Rápida	Floculação	Decantação	Filtração	Desinfecção	Operação		
jan-04	9	22	22	17	6	13	89	66
fev-04	9	22	21	17	6	13	88	65
mar-04	9	22	22	17	6	13	88	65
abr-04	9	23	22	17	6	13	88	66
mai-04	9	23	21	17	6	13	88	65
jun-04	9	22	21	17	6	13	88	66
IQETA Média anual	9	22	21	17	6	13	88	66
ETA IX B – Produtório								
Mês/Ano	Valores Parciais						IQETA mensal médio	IQETA parcial médio
	M.Rápida	Floculação	Decantação	Filtração	Desinfecção	Operação		
jan-04	1,5	3,1	3,0	2,0	1,4	1,8	68	25
fev-04	1,5	3,1	2,8	2,0	1,3	1,8	63	23
mar-04	1,5	3,1	2,9	2,0	1,3	1,8	66	24
abr-04	1,5	3,1	2,9	2,0	1,3	1,8	65	24
mai-04	1,5	3,1	2,8	2,0	1,3	1,8	64	23
jun-04	1,5	3,1	2,8	2,0	1,4	1,8	65	24
IQETA Média anual	2	3	3	2	1	2	65	24

Tabela 9-48 Valores médios mensais do IQETA calculado com a fórmula do somatório e produtório para a ETA X

ETA X – Somatório								
Mês/Ano	Valores Parciais						IQETA mensal médio	IQETA parcial médio
	M.Rápida	Floculação	Decantação	Filtração	Desinfecção	Operação		
ago-02	9	20	25	17	4	13	88	67
set-02	9	19	25	17	5	13	88	66
out-02	9	19	25	17	2	13	86	66
nov-02	9	20	25	17	4	13	89	67
dez-02	9	20	25	17	5	13	89	67
jan-03	9	20	25	17	5	13	88	66
fev-03	9	19	25	17	4	13	87	66
mar-03	9	20	25	17	4	13	88	67
abr-03	9	20	25	17	4	13	88	67
IQETA Média anual	9	20	25	17	4	13	88	67
ETA X – Produtório								
Mês/Ano	Valores Parciais						IQETA mensal médio	IQETA parcial médio
	M.Rápida	Floculação	Decantação	Filtração	Desinfecção	Operação		
ago-02	1,5	3,0	3,3	2,0	1,3	1,8	69	27
set-02	1,5	2,9	3,3	2,0	1,3	1,8	69	26
out-02	1,5	2,9	3,3	2,0	1,2	1,8	63	27
nov-02	1,5	3,0	3,3	2,0	1,3	1,8	69	27
dez-02	1,5	3,0	3,3	2,0	1,3	1,8	69	27
jan-03	1,5	2,9	3,3	2,0	1,3	1,8	69	27
fev-03	1,5	2,9	3,3	2,0	1,3	1,8	68	27
abr-03	1,5	3,0	3,3	2,0	1,3	1,8	68	27
mai-03	1,5	3,0	3,3	2,0	1,3	1,8	69	27
IQETA Média anual	2	3	3	2	1	2	68	27

APÊNDICE XVIII

Parte das tabelas apresentando os valores dos parâmetros calculados para cada estação

Tabela 9-49 – Valores dos parâmetros calculados para a ETA I

Data	Gmr (s ⁻¹)	Tmr (s)	Gf (s ⁻¹)	Tf (s)	δp (s ⁻¹)	Vc (m/s)	Gcom (s ⁻¹)	Gcor (s ⁻¹)	Vs (cm/min)	V _L (cm/s)	Q _L (L/s.m)	Tfilt m ³ /m ² .d	Exp (%) ou Vasc (cm/min)	C res (mg/L)	Tc (min)
1/7/2003	1320,85	0,41	33,35	864,20	52	0,28	18,29	3,32	2,91	0,25	1,59	270,00	32,00	0,96	1,52
2/7/2003	1320,85	0,41	33,35	864,20	52	0,28	18,29	3,32	2,91	0,25	1,59	270,00	32,00	0,98	1,52
3/7/2003	1320,99	0,41	33,36	863,98	52	0,28	18,30	3,32	2,91	0,25	1,59	270,07	32,00	0,95	1,51
4/7/2003	1327,43	0,40	33,96	853,78	53	0,28	18,63	3,38	2,95	0,25	1,61	273,30	32,00	0,94	1,50
5/7/2003	1327,39	0,40	33,95	853,85	53	0,28	18,62	3,38	2,95	0,25	1,61	273,27	32,00	0,93	1,50
6/7/2003	1327,39	0,40	33,95	853,85	53	0,28	18,62	3,38	2,95	0,25	1,61	273,27	32,00	0,93	1,50
7/7/2003	1327,39	0,40	33,95	853,85	53	0,28	18,62	3,38	2,95	0,25	1,61	273,27	32,00	0,91	1,50
8/7/2003	1327,39	0,40	33,95	853,85	53	0,28	18,62	3,38	2,95	0,25	1,61	273,27	32,00	0,93	1,50
9/7/2003	1327,39	0,40	33,95	853,85	53	0,28	18,62	3,38	2,95	0,25	1,61	273,27	32,00	0,92	1,50
10/7/2003	1327,39	0,40	33,95	853,85	53	0,28	18,62	3,38	2,95	0,25	1,61	273,27	32,00	0,93	1,50
11/7/2003	1327,39	0,40	33,95	853,85	53	0,28	18,62	3,38	2,95	0,25	1,61	273,27	32,00	0,92	1,50
12/7/2003	1327,39	0,40	33,95	853,85	53	0,28	18,62	3,38	2,95	0,25	1,61	273,27	32,00	0,91	1,50
13/7/2003	1327,39	0,40	33,95	853,85	53	0,28	18,62	3,38	2,95	0,25	1,61	273,27	32,00	0,84	1,50
14/7/2003	1327,39	0,40	33,95	853,85	53	0,28	18,62	3,38	2,95	0,25	1,61	273,27	32,00	0,92	1,50
15/7/2003	1327,39	0,40	33,95	853,85	53	0,28	18,62	3,38	2,95	0,25	1,61	273,27	32,00	0,93	1,50
16/7/2003	1327,39	0,40	33,95	853,85	53	0,28	18,62	3,38	2,95	0,25	1,61	273,27	32,00	0,93	1,50
17/7/2003	1327,39	0,40	33,95	853,85	53	0,28	18,62	3,38	2,95	0,25	1,61	273,27	32,00	0,94	1,50
18/7/2003	1327,39	0,40	33,95	853,85	53	0,28	18,62	3,38	2,95	0,25	1,61	273,27	32,00	0,93	1,50
19/7/2003	1327,39	0,40	33,95	853,85	53	0,28	18,62	3,38	2,95	0,25	1,61	273,27	32,00	0,93	1,50
20/7/2003	1327,39	0,40	33,95	853,85	53	0,28	18,62	3,38	2,95	0,25	1,61	273,27	32,00	0,90	1,50
21/7/2003	1327,39	0,40	33,95	853,85	53	0,28	18,62	3,38	2,95	0,25	1,61	273,27	32,00	0,81	1,50
22/7/2003	1327,39	0,40	33,95	853,85	53	0,28	18,62	3,38	2,95	0,25	1,61	273,27	32,00	0,95	1,50
23/7/2003	1327,39	0,40	33,95	853,85	53	0,28	18,62	3,38	2,95	0,25	1,61	273,27	32,00	0,90	1,50
24/7/2003	1327,39	0,40	33,95	853,85	53	0,28	18,62	3,38	2,95	0,25	1,61	273,27	32,00	0,89	1,50
25/7/2003	1327,39	0,40	33,95	853,85	53	0,28	18,62	3,38	2,95	0,25	1,61	273,27	32,00	0,91	1,50
26/7/2003	1327,39	0,40	33,95	853,85	53	0,28	18,62	3,38	2,95	0,25	1,61	273,27	32,00	0,98	1,50
27/7/2003	1327,39	0,40	33,95	853,85	53	0,28	18,62	3,38	2,95	0,25	1,61	273,27	32,00	0,99	1,50
28/7/2003	1327,39	0,40	33,95	853,85	53	0,28	18,62	3,38	2,95	0,25	1,61	273,27	32,00	0,95	1,50

Tabela 9-50 – Valores dos parâmetros calculados para a ETA II

Data	Gmr (s ⁻¹)	Tmr (s)	Gf (s ⁻¹)	Tf (s)	δp (s ⁻¹)	Vc (m/s)	Gcom (s ⁻¹)	Gcor (s ⁻¹)	Vs (cm/min)	V _L (cm/s)	Q _L (L/s.m)	Tfilt m ³ /m ² .d	Exp (%) ou Vasc (cm/min)	C res (mg/L)	Tc (min)
1/7/2003	404,83	36,21	40	1006	6	NA	6,18	15,85	3,80	1,26	4,50	230,49	92	1,10	138,42
2/7/2003	404,83	36,56	40	1016	6	NA	6,09	15,62	3,76	1,25	4,45	228,27	92	1,20	139,77
3/7/2003	404,83	34,35	40	955	7	NA	6,69	17,15	4,01	1,33	4,74	243,00	92	1,20	131,29
4/7/2003	404,83	34,35	40	955	7	NA	6,69	17,15	4,01	1,33	4,74	242,97	92	1,30	131,31
5/7/2003	404,83	34,85	40	969	7	NA	6,55	16,78	3,95	1,31	4,67	239,47	92	1,30	133,23
6/7/2003	404,83	36,66	40	1019	6	NA	6,07	15,55	3,75	1,24	4,44	227,63	92	1,30	140,16
7/7/2003	404,83	33,04	40	918	7	NA	7,09	18,18	4,16	1,38	4,93	252,60	92	1,30	126,31
8/7/2003	404,83	33,05	40	919	7	NA	7,09	18,17	4,16	1,38	4,93	252,56	92	1,70	126,33
9/7/2003	404,83	35,47	40	986	6	NA	6,38	16,35	3,88	1,29	4,59	235,32	92	1,30	135,58
10/7/2003	404,83	33,33	40	926	7	NA	7,30	17,95	4,13	1,37	4,89	250,44	92	1,10	127,39
11/7/2003	404,83	32,42	40	901	7	NA	6,10	18,71	4,24	1,41	5,02	257,46	92	1,80	123,92
12/7/2003	404,83	36,56	40	1016	6	NA	5,40	15,62	3,76	1,25	4,45	228,31	92	1,80	139,74
13/7/2003	404,83	39,62	40	1101	5	NA	5,50	13,00	3,47	1,15	4,11	210,65	92	1,70	151,46
14/7/2003	404,83	39,15	40	1088	6	NA	5,90	13,24	3,51	1,17	4,16	213,18	92	1,80	149,66
15/7/2003	404,83	37,35	40	1038	6	NA	6,39	15,13	3,68	1,22	4,36	223,47	92	1,90	142,77
16/7/2003	404,83	35,42	40	984	6	NA	5,45	16,38	3,89	1,29	4,60	235,64	92	1,50	135,40
17/7/2003	404,83	39,41	40	1095	5	NA	6,60	13,11	3,49	1,16	4,13	211,76	92	1,70	150,66
18/7/2003	404,83	34,67	40	964	7	NA	6,02	16,91	3,97	1,32	4,70	240,73	92	1,80	132,53
19/7/2003	404,83	36,87	40	1025	6	NA	5,15	15,42	3,73	1,24	4,42	226,38	92	1,80	140,93
20/7/2003	404,83	40,89	40	1136	5	NA	5,32	12,41	3,37	1,12	3,98	204,13	92	1,70	156,29
21/7/2003	404,83	40,01	40	1112	5	NA	6,23	12,81	3,44	1,14	4,07	208,59	92	1,90	152,95
22/7/2003	404,83	36,03	40	1002	6	NA	7,43	15,96	3,82	1,27	4,52	231,61	92	1,90	137,75
23/7/2003	404,83	32,05	40	891	7	NA	5,39	19,03	4,29	1,42	5,08	260,42	92	1,70	122,51
24/7/2003	404,83	39,67	40	1103	5	NA	5,95	12,98	3,47	1,15	4,10	210,37	92	1,80	151,66
25/7/2003	404,83	37,17	40	1033	6	NA	5,78	15,23	3,70	1,23	4,38	224,53	92	1,70	142,09
26/7/2003	404,83	37,89	40	1053	6	NA	5,08	13,90	3,63	1,20	4,30	220,24	92	1,80	144,86
27/7/2003	404,83	41,29	40	1148	5	NA	6,18	15,85	3,80	1,26	4,50	230,49	92	1,10	138,42
28/7/2003	404,83	35,40	40	984	6	NA	5,78	15,23	3,70	1,23	4,38	224,53	92	1,70	142,09
29/7/2003	404,83	36,91	40	1026	6	NA	5,08	13,90	3,63	1,20	4,30	220,24	92	1,80	144,86

Tabela 9-51 - Valores dos parâmetros calculados para a ETA III

Data	Gmr (s ⁻¹)	Tmr (s)	Gf (s ⁻¹)	Tf (s)	δp (s ⁻¹)	Vc (m/s)	Gcom (s ⁻¹)	Gcor (s ⁻¹)	Vs (cm/min)	V _L (cm/s)	Q _L (L/s.m)	Tfilt m ³ /m ² .d	Exp (%) ou Vasc (cm/min)	C res (mg/L)	Tc (min)
3/1/2003	1506,59	0,43	33	1050	35	0,23	55,03	51,70	3,64	0,53	1,80	212,26	85	1,50	17,33
4/1/2003	1103,67	0,79	33	976	39	0,25	61,33	57,63	3,91	0,57	1,93	228,18	85	1,50	16,12
5/1/2003	1095,47	0,81	33	1037	36	0,23	56,06	52,68	3,68	0,54	1,82	214,92	85	1,50	17,11
6/1/2003	1108,64	0,78	33	943	41	0,25	64,57	60,67	4,05	0,59	2,00	236,14	85	1,50	15,57
7/1/2003	1114,54	0,77	33	907	44	0,26	68,44	64,31	4,21	0,61	2,08	245,49	85	1,50	14,98
8/1/2003	1111,99	0,78	33	923	43	0,26	66,76	62,73	4,14	0,60	2,05	241,45	85	1,50	15,23
9/1/2003	1108,64	0,78	33	943	41	0,25	64,57	60,67	4,05	0,59	2,00	236,14	85	1,50	15,57
10/1/2003	1110,31	0,78	33	933	42	0,26	65,66	61,69	4,09	0,60	2,02	238,80	85	1,50	15,40
11/1/2003	1105,32	0,79	33	965	40	0,25	62,40	58,64	3,96	0,58	1,96	230,84	85	1,50	15,93
12/1/2003	1102,02	0,80	33	988	39	0,24	60,26	56,63	3,87	0,56	1,91	225,53	85	1,50	16,31
13/1/2003	1100,37	0,80	33	1000	38	0,24	59,20	55,63	3,82	0,56	1,89	222,88	85	1,50	16,50
14/1/2003	1097,10	0,81	33	1024	37	0,23	57,10	53,65	3,73	0,54	1,84	217,57	85	1,50	16,90
15/1/2003	1093,85	0,82	33	1050	35	0,23	55,03	51,70	3,64	0,53	1,80	212,26	85	1,50	17,33
16/1/2003	1093,85	0,82	33	1050	35	0,23	55,03	51,70	3,64	0,53	1,80	212,26	85	1,50	17,33
17/1/2003	1102,02	0,80	33	988	39	0,24	60,26	56,63	3,87	0,56	1,91	225,53	85	1,50	16,31
18/1/2003	1102,02	0,80	33	988	39	0,24	60,26	56,63	3,87	0,56	1,91	225,53	85	1,50	16,31
19/1/2003	1102,10	0,80	33	987	39	0,24	60,32	56,68	3,87	0,56	1,91	225,67	85	1,50	16,30
20/1/2003	1100,37	0,80	33	1000	38	0,24	59,20	55,63	3,82	0,56	1,89	222,88	85	1,50	16,50
21/1/2003	1103,67	0,79	33	976	39	0,25	61,33	57,63	3,91	0,57	1,93	228,18	85	1,50	16,12
22/1/2003	1102,02	0,80	33	988	39	0,24	60,26	56,63	3,87	0,56	1,91	225,53	85	1,50	16,31
23/1/2003	1102,02	0,80	33	988	39	0,24	60,26	56,63	3,87	0,56	1,91	225,53	85	1,50	16,31
24/1/2003	1106,04	0,79	33	960	40	0,25	62,87	59,07	3,98	0,58	1,97	231,99	85	1,50	15,85
25/1/2003	1113,66	0,77	33	913	44	0,26	67,86	63,76	4,18	0,61	2,07	244,10	85	1,50	15,07
26/1/2003	1082,01	0,84	33	1157	31	0,21	47,57	44,70	3,30	0,48	1,63	192,63	85	1,50	19,09
27/1/2003	1104,10	0,79	33	973	40	0,25	61,61	57,89	3,92	0,57	1,94	228,88	85	1,50	16,07
28/1/2003	1093,85	0,82	33	1050	35	0,23	55,03	51,70	3,64	0,53	1,80	212,26	85	1,50	17,33
29/1/2003	1093,85	0,82	33	1050	35	0,23	55,03	51,70	3,64	0,53	1,80	212,26	85	1,50	17,33

Tabela 9-52 - Valores dos parâmetros calculados para a ETA IV

Data	Gmr (s ⁻¹)	Tmr (s)	Gf (s ⁻¹)	Tf (s)	δp (s ⁻¹)	Vc (m/s)	Gcom (s ⁻¹)	Gcor (s ⁻¹)	Vs (cm/min)	V _L (cm/s)	Q _L (L/s.m)	Tfilt m ³ /m ² .d	Exp (%) ou Vasc (cm/min)	C res (mg/L)	Tc (min)
1/1/2003			15	1806	34	NA	34,42	13,48	4,57	0,45	3,12	329,82	78	1,00	132,84
2/1/2003			14	1858	33	NA	33,00	12,93	4,44	0,44	3,03	320,68	78	1,00	136,62
3/1/2003			15	1810	34	NA	34,30	13,44	4,56	0,45	3,11	329,08	78	1,00	133,13
4/1/2003			14	1858	33	NA	32,99	12,92	4,44	0,44	3,03	320,64	78	1,00	136,64
5/1/2003			12	2116	27	NA	27,14	10,51	3,90	0,38	2,66	281,50	78	1,00	155,64
6/1/2003			17	1665	39	NA	38,87	15,60	4,95	0,49	3,38	357,70	78	1,00	122,48
7/1/2003			16	1707	37	NA	37,46	15,03	4,83	0,47	3,30	348,95	78	1,00	125,55
8/1/2003			17	1675	39	NA	38,53	15,46	4,92	0,48	3,36	355,58	78	1,00	123,21
9/1/2003			17	1701	38	NA	37,67	15,11	4,85	0,48	3,31	350,30	78	1,00	125,07
10/1/2003			17	1659	39	NA	39,10	15,69	4,97	0,49	3,40	359,07	78	1,00	122,01
11/1/2003			15	1813	34	NA	34,22	13,40	4,55	0,45	3,11	328,52	78	1,00	133,36
12/1/2003			13	1984	30	NA	29,89	11,71	4,16	0,41	2,84	300,23	78	1,00	145,93
13/1/2003			15	1804	34	NA	34,48	13,51	4,57	0,45	3,12	330,20	78	1,00	132,68
14/1/2003			15	1792	35	NA	34,82	13,64	4,60	0,45	3,14	332,40	78	1,00	131,80
15/1/2003			15	1808	34	NA	34,35	13,46	4,56	0,45	3,11	329,40	78	1,00	133,00
16/1/2003			15	1848	33	NA	33,26	13,03	4,46	0,44	3,05	322,40	78	1,00	135,89
17/1/2003			13	1963	30	NA	30,38	11,90	4,20	0,41	2,87	303,50	78	1,00	144,35
18/1/2003			16	1730	37	NA	36,71	14,73	4,77	0,47	3,26	344,30	78	1,00	127,25
19/1/2003			14	1938	31	NA	30,97	12,13	4,26	0,42	2,91	307,41	78	1,00	142,52
20/1/2003			16	1744	36	NA	36,28	14,55	4,73	0,46	3,23	341,59	78	1,00	128,26
21/1/2003			16	1729	37	NA	36,76	14,75	4,77	0,47	3,26	344,58	78	1,00	127,14
22/1/2003			14	1915	32	NA	31,53	12,35	4,31	0,42	2,94	311,08	78	1,00	140,84
23/1/2003			14	1899	32	NA	31,92	12,50	4,34	0,43	2,97	313,65	78	1,00	139,68
24/1/2003			14	1905	32	NA	31,78	12,45	4,33	0,42	2,96	312,73	78	1,00	140,09
25/1/2003			12	2065	28	NA	28,15	10,90	3,99	0,39	2,73	288,42	78	1,00	151,90
26/1/2003			13	1985	30	NA	34,42	13,48	4,57	0,45	3,12	329,82	78	1,00	132,84
27/1/2003			14	1918	31	NA	33,00	12,93	4,44	0,44	3,03	320,68	78	1,00	136,62

Tabela 9-53 - Valores dos parâmetros calculados para a ETA V

Data	Gmr (s ⁻¹)	Tmr (s)	Gf (s ⁻¹)	Tf (s)	δp (s ⁻¹)	Vc (m/s)	Gcom (s ⁻¹)	Gcor (s ⁻¹)	Vs (cm/min)	V _L (cm/s)	Q _L (L/s.m)	Tfilt m ³ /m ² .d	Exp (%) ou Vasc (cm/min)	C res (mg/L)	Tc (min)
1/1/2003	935,31	0,89	41	3194	61	0,06	3,47	1,34	1,00	0,13	1,11	152,19	80	0,97	25,52
2/1/2003	931,92	0,86	41	2907	71	0,07	4,00	1,58	1,10	0,14	1,22	167,21	80	1,07	23,23
3/1/2003	932,62	0,86	41	2958	69	0,07	3,90	1,54	1,08	0,14	1,20	164,33	80	0,99	23,64
4/1/2003	931,34	0,85	41	2867	72	0,07	4,08	1,62	1,12	0,14	1,24	169,53	80	1,05	22,91
5/1/2003	941,52	1,00	41	4467	37	0,04	2,07	0,78	0,72	0,09	0,79	108,82	80	1,03	35,70
6/1/2003	935,94	0,89	41	3261	60	0,06	3,37	1,30	0,98	0,13	1,09	149,04	80	1,08	26,06
7/1/2003	935,93	0,89	41	3260	60	0,06	3,37	1,30	0,98	0,13	1,09	149,11	80	1,04	26,05
8/1/2003	933,70	0,87	41	3045	66	0,06	3,73	1,44	1,05	0,14	1,16	159,64	80	1,10	24,33
9/1/2003	934,94	0,88	41	3157	63	0,06	3,53	1,37	1,01	0,13	1,12	153,95	80	1,13	25,23
10/1/2003	934,02	0,87	41	3072	65	0,06	3,68	1,42	1,04	0,14	1,15	158,22	80	1,03	24,55
11/1/2003	933,26	0,87	41	3009	67	0,06	3,80	1,51	1,06	0,14	1,18	161,56	80	1,00	24,04
12/1/2003	941,20	0,99	41	4321	39	0,05	2,17	0,82	0,74	0,10	0,82	112,49	80	1,04	34,53
13/1/2003	936,03	0,90	41	3272	59	0,06	3,35	1,29	0,98	0,13	1,08	148,57	80	0,94	26,15
14/1/2003	933,96	0,87	41	3067	65	0,06	3,69	1,43	1,04	0,14	1,15	158,49	80	0,95	24,51
15/1/2003	933,28	0,87	41	3010	67	0,06	3,80	1,50	1,06	0,14	1,18	161,48	80	1,09	24,06
16/1/2003	928,88	0,83	41	2717	78	0,07	4,50	1,80	1,18	0,15	1,30	178,91	80	1,12	21,71
17/1/2003	931,61	0,85	41	2885	72	0,07	4,05	1,60	1,11	0,14	1,23	168,47	80	1,02	23,06
18/1/2003	932,56	0,86	41	2953	69	0,07	3,91	1,55	1,08	0,14	1,20	164,58	80	1,05	23,60
19/1/2003	939,27	0,94	41	3761	48	0,05	2,68	1,03	0,85	0,11	0,94	129,26	80	1,08	30,05
20/1/2003	937,81	0,92	41	3502	54	0,06	2,98	1,14	0,91	0,12	1,01	138,79	80	0,99	27,99
21/1/2003	936,70	0,90	41	3351	57	0,06	3,23	1,25	0,96	0,12	1,06	145,05	80	1,06	26,78
22/1/2003	933,40	0,87	41	3020	67	0,06	3,78	1,50	1,06	0,14	1,17	160,95	80	1,10	24,13
23/1/2003	933,91	0,87	41	3062	65	0,06	3,70	1,43	1,05	0,14	1,16	158,72	80	1,03	24,47
24/1/2003	931,49	0,85	41	2877	72	0,07	4,06	1,61	1,11	0,14	1,23	168,95	80	0,97	22,99
25/1/2003	933,62	0,87	41	3038	66	0,06	3,74	1,48	1,05	0,14	1,17	160,00	80	1,06	24,28
26/1/2003	941,34	1,00	41	4378	38	0,04	2,13	0,81	0,73	0,09	0,81	111,04	80	1,13	34,98
27/1/2003	935,41	0,89	41	3204	61	0,06	3,46	1,34	1,00	0,13	1,11	151,70	80	1,06	25,61

Tabela 9-54 - Valores dos parâmetros calculados para a ETA VI

Data	Gmr (s ⁻¹)	Tmr (s)	Gf (s ⁻¹)	Tf (s)	δp (s ⁻¹)	Vc (m/s)	Gcom (s ⁻¹)	Gcor (s ⁻¹)	Vs (cm/min)	V _L (cm/s)	Q _L (L/s.m)	Tfilt m ³ /m ² .d	Exp (%) ou Vasc (cm/min)	C res (mg/L)	Tc (min)
1848,31	0,26	18	1435	14	1848,31	0,18	20,18	8,80	2,31	0,16	2,26	139,63	28,83	0,89	34,76
1757,95	0,26	15	1585	12	1757,95	0,16	17,23	7,49	2,09	0,15	2,05	126,37	28,83	0,85	38,41
1832,19	0,26	17	1459	14	1832,19	0,18	19,67	8,58	2,27	0,16	2,23	137,29	28,83	0,85	35,35
1735,74	0,27	15	1628	11	1735,74	0,16	16,55	7,19	2,03	0,14	2,00	123,05	28,83	0,90	39,45
1789,74	0,26	16	1528	13	1789,74	0,17	18,36	8,00	2,17	0,15	2,13	131,09	28,83	0,91	37,03
1883,68	0,26	19	1385	15	1883,68	0,18	21,29	9,28	2,39	0,17	2,35	144,70	28,83	0,85	33,54
1820,93	0,26	17	1477	13	1820,93	0,17	19,32	8,42	2,24	0,16	2,20	135,66	28,83	0,89	35,78
1822,59	0,26	17	1474	13	1822,59	0,17	19,38	8,45	2,25	0,16	2,20	135,90	28,83	0,85	35,72
1766,21	0,26	15	1570	12	1766,21	0,16	17,48	7,60	2,11	0,15	2,07	127,60	28,83	0,93	38,04
1812,16	0,26	17	1491	13	1812,16	0,17	19,05	8,31	2,22	0,16	2,18	134,38	28,83	0,87	36,12
1800,09	0,26	16	1511	13	1800,09	0,17	18,68	8,14	2,19	0,16	2,15	132,61	28,83	0,88	36,60
1801,23	0,26	16	1509	13	1801,23	0,17	18,71	8,16	2,20	0,16	2,15	132,78	28,83	1,24	36,56
1809,17	0,26	17	1496	13	1809,17	0,17	18,96	8,26	2,21	0,16	2,17	133,94	28,83	0,88	36,24
1813,18	0,26	17	1489	13	1813,18	0,17	19,08	8,32	2,22	0,16	2,18	134,52	28,83	0,87	36,08
1796,50	0,26	16	1517	13	1796,50	0,17	18,57	8,09	2,18	0,15	2,14	132,08	28,83	0,84	36,75
1675,21	0,27	13	1760	10	1675,21	0,15	14,73	6,40	1,88	0,13	1,85	113,83	28,83	0,90	42,64
1778,78	0,26	16	1547	12	1778,78	0,17	18,02	7,76	2,14	0,15	2,10	129,47	28,83	0,91	37,49
1755,68	0,26	15	1590	12	1755,68	0,16	17,16	7,46	2,08	0,15	2,04	126,04	28,83	0,85	38,51
1719,50	0,27	14	1661	11	1719,50	0,15	16,06	6,98	1,99	0,14	1,96	120,60	28,83	0,82	40,25
1792,36	0,26	16	1524	13	1792,36	0,17	18,44	8,04	2,17	0,15	2,13	131,47	28,83	0,79	36,92
1841,66	0,26	17	1445	14	1841,66	0,18	19,97	8,71	2,29	0,16	2,25	138,66	28,83	0,82	35,00
1819,96	0,26	17	1478	13	1819,96	0,17	19,29	8,41	2,24	0,16	2,20	135,51	28,83	0,83	35,82
1823,36	0,26	17	1473	13	1823,36	0,17	19,40	8,46	2,25	0,16	2,21	136,01	28,83	0,88	35,69
1779,17	0,26	16	1547	12	1779,17	0,17	18,03	7,77	2,14	0,15	2,10	129,53	28,83	0,83	37,47
1836,43	0,26	17	1453	14	1836,43	0,18	19,81	8,63	2,28	0,16	2,24	137,91	28,83	0,82	35,20
1859,29	0,26	18	1419	14	1859,29	0,18	20,52	8,95	2,33	0,17	2,29	141,21	28,83	0,76	34,37
1802,76	0,26	16	1506	13	1802,76	0,17	18,76	8,18	2,20	0,16	2,16	133,00	28,83	0,76	36,49

Tabela 9-55 - Valores dos parâmetros calculados para a ETA VII

Data	Gmr (s ⁻¹)	Tmr (s)	Gf (s ⁻¹)	Tf (s)	δp (s ⁻¹)	Vc (m/s)	Gcom (s ⁻¹)	Gcor (s ⁻¹)	Vs (cm/min)	V _L (cm/s)	Q _L (L/s.m)	Tfilt m ³ /m ² .d	Exp (%) ou Vasc (cm/min)	C res (mg/L)	Tc (min)
930,66	0,67	36	2265	25	930,66	0,31	31,42	2,20	2,29	0,41	3,21	125,99	78	1,60	231,79
932,96	0,67	36	2311	24	932,96	0,31	30,50	2,14	2,25	0,40	3,15	123,52	78	2,00	236,44
939,32	0,69	36	2452	22	939,32	0,29	27,90	1,96	2,12	0,38	2,96	116,41	78	1,90	250,87
932,66	0,67	36	2305	24	932,66	0,31	30,62	2,15	2,25	0,41	3,15	123,84	78	1,70	235,81
933,17	0,67	36	2315	24	933,17	0,31	30,41	2,13	2,24	0,40	3,14	123,28	78	1,70	236,89
931,31	0,67	36	2278	25	931,31	0,31	31,16	2,18	2,28	0,41	3,19	125,29	78	1,70	233,08
931,18	0,67	36	2275	25	931,18	0,31	31,21	2,19	2,28	0,41	3,19	125,43	78	1,70	232,82
932,61	0,67	36	2304	24	932,61	0,31	30,63	2,15	2,26	0,41	3,16	123,89	78	1,90	235,72
933,99	0,68	36	2332	24	933,99	0,30	30,08	2,11	2,23	0,40	3,12	122,39	78	1,70	238,60
945,01	0,71	36	2602	20	945,01	0,27	25,52	1,79	2,00	0,36	2,79	109,68	78	1,90	266,27
933,69	0,68	36	2326	24	933,69	0,30	30,20	2,12	2,23	0,40	3,13	122,72	78	1,80	237,97
934,16	0,68	36	2335	24	934,16	0,30	30,01	2,10	2,22	0,40	3,11	122,21	78	2,00	238,97
933,99	0,68	36	2332	24	933,99	0,30	30,08	2,11	2,23	0,40	3,12	122,39	78	1,60	238,60
934,37	0,68	36	2340	24	934,37	0,30	29,93	2,10	2,22	0,40	3,11	121,97	78	1,60	239,43
932,79	0,67	36	2307	24	932,79	0,31	30,56	2,14	2,25	0,40	3,15	123,70	78	1,90	236,08
944,66	0,71	36	2592	20	944,66	0,27	25,66	1,80	2,00	0,36	2,80	110,10	78	2,00	265,25
947,23	0,72	36	2669	20	947,23	0,26	24,56	1,67	1,95	0,35	2,72	106,92	78	1,60	273,14
932,66	0,67	36	2305	24	932,66	0,31	30,62	2,15	2,25	0,41	3,15	123,84	78	2,20	235,81
934,16	0,68	36	2335	24	934,16	0,30	30,01	2,10	2,22	0,40	3,11	122,21	78	1,80	238,97
935,09	0,68	36	2355	24	935,09	0,30	29,63	2,08	2,21	0,40	3,09	121,18	78	1,70	241,00
935,18	0,68	36	2357	24	935,18	0,30	29,60	2,08	2,20	0,40	3,08	121,08	78	1,70	241,18
934,20	0,68	36	2336	24	934,20	0,30	29,99	2,10	2,22	0,40	3,11	122,16	78	2,30	239,06
936,48	0,68	36	2386	23	936,48	0,30	29,07	2,04	2,18	0,39	3,05	119,64	78	2,00	244,11
934,71	0,68	36	2347	24	934,71	0,30	29,79	2,09	2,21	0,40	3,10	121,60	78	2,00	240,16
938,87	0,69	36	2441	22	938,87	0,29	28,09	1,97	2,13	0,38	2,98	116,93	78	1,80	249,75
936,27	0,68	36	2381	23	936,27	0,30	29,15	2,04	2,18	0,39	3,05	119,87	78	2,30	243,63
939,77	0,69	36	2463	22	939,77	0,29	27,72	1,94	2,11	0,38	2,95	115,90	78	1,70	251,98

Tabela 9-56 - Valores dos parâmetros calculados para a ETA VIII

Data	Gmr (s ⁻¹)	Tmr (s)	Gf (s ⁻¹)	Tf (s)	δp (s ⁻¹)	Vc (m/s)	Gcom (s ⁻¹)	Gcor (s ⁻¹)	Vs (cm/min)	V _L (cm/s)	Q _L (L/s.m)	Tfilt m ³ /m ² .d	Exp (%) ou Vasc (cm/min)	C res (mg/L)	Tc (min)
1/1/2003			39	2360	9	NA	187,17	3,87	2,61	0,83	1,23	501,29	80	1,50	192,66
2/1/2003			39	2272	9	NA	198,17	4,09	2,71	0,86	1,28	520,75	80	1,40	185,46
3/1/2003			39	2285	9	NA	196,56	4,06	2,70	0,85	1,27	517,92	80	1,40	186,47
4/1/2003			39	2240	10	NA	202,40	4,18	2,75	0,87	1,29	528,12	80	1,50	182,87
5/1/2003			39	2241	10	NA	202,32	4,18	2,75	0,87	1,29	527,98	80	1,50	182,92
6/1/2003			39	2264	9	NA	199,22	4,12	2,72	0,86	1,28	522,58	80	1,00	184,81
7/1/2003			39	2298	9	NA	194,78	4,02	2,68	0,85	1,26	514,78	80	1,20	187,61
8/1/2003			39	2252	10	NA	200,83	4,15	2,73	0,87	1,29	525,40	80	1,40	183,82
9/1/2003			39	2231	10	NA	203,64	4,21	2,76	0,87	1,30	530,28	80	1,40	182,13
10/1/2003			39	2261	10	NA	199,60	4,12	2,72	0,86	1,28	523,25	80	1,20	184,58
11/1/2003			39	2220	10	NA	205,14	4,24	2,77	0,88	1,30	532,88	80	1,30	181,24
12/1/2003			39	2257	10	NA	200,18	4,14	2,73	0,86	1,28	524,25	80	1,40	184,22
13/1/2003			39	2293	9	NA	195,46	4,04	2,69	0,85	1,26	515,98	80	1,30	187,17
14/1/2003			39	2253	10	NA	200,67	4,15	2,73	0,87	1,29	525,11	80	1,20	183,92
15/1/2003			39	2278	9	NA	197,39	4,08	2,70	0,86	1,27	519,38	80	1,30	185,95
16/1/2003			39	2364	9	NA	186,78	3,86	2,61	0,83	1,23	500,60	80	1,50	192,93
17/1/2003			39	2306	9	NA	193,81	4,00	2,67	0,85	1,26	513,07	80	1,30	188,23
18/1/2003			39	2184	10	NA	210,34	4,35	2,82	0,89	1,33	541,85	80	1,10	178,24
19/1/2003			39	2262	10	NA	199,51	4,12	2,72	0,86	1,28	523,09	80	1,20	184,63
20/1/2003			39	2239	10	NA	202,64	4,19	2,75	0,87	1,29	528,55	80	1,20	182,72
21/1/2003			39	2315	9	NA	192,66	3,98	2,66	0,84	1,25	511,05	80	1,50	188,98
22/1/2003			39	2242	10	NA	202,20	4,18	2,75	0,87	1,29	527,78	80	1,30	182,99
23/1/2003			39	2238	10	NA	202,66	4,19	2,75	0,87	1,29	528,58	80	1,30	182,71
24/1/2003			39	2262	10	NA	199,46	4,12	2,72	0,86	1,28	523,01	80	1,20	184,66
25/1/2003			39	2164	10	NA	213,28	4,41	2,85	0,90	1,34	546,89	80	1,20	176,60
26/1/2003			39	2175	10	NA	187,17	3,87	2,61	0,83	1,23	501,29	80	1,20	177,53
27/1/2003			39	2258	10	NA	198,17	4,09	2,71	0,86	1,28	520,75	80	1,30	184,32

Tabela 9-57 - Valores dos parâmetros calculados para a ETA IXA

Data	Gmr (s ⁻¹)	Tmr (s)	Gf (s ⁻¹)	Tf (s)	δp (s ⁻¹)	Vc (m/s)	Gcom (s ⁻¹)	Gcor (s ⁻¹)	Vs (cm/min)	V _L (cm/s)	Q _L (L/s.m)	Tfilt m ³ /m ² .d	Exp (%) ou Vasc (cm/min)	C res (mg/L)	Tc (min)
1/1/2002	622,44	0,41	54	890	83	0,43	102,42	33,55	2,28	0,28	1,68	212,62	80	0,84	75,34
2/1/2002	591,97	0,39	64	796	98	0,48	121,09	44,06	2,54	0,31	1,88	237,73	80	0,81	67,38
3/1/2002	722,90	0,58	19	1805	28	0,21	35,46	10,53	1,12	0,14	0,83	104,83	80	0,78	152,81
4/1/2002	564,92	0,38	72	731	112	0,53	137,50	50,03	2,77	0,34	2,05	258,75	80	0,85	61,91
5/1/2002	572,49	0,38	70	748	108	0,52	132,92	48,36	2,71	0,33	2,00	252,97	80	0,81	63,32
6/1/2002	641,92	0,43	47	968	73	0,40	90,35	28,83	2,09	0,25	1,55	195,56	80	0,79	81,91
7/1/2002	586,79	0,39	65	782	101	0,49	124,24	45,20	2,59	0,31	1,91	241,83	80	0,86	66,24
8/1/2002	603,75	0,40	60	829	93	0,47	113,90	38,93	2,44	0,30	1,80	228,22	80	0,89	70,19
9/1/2002	602,14	0,40	60	824	93	0,47	114,89	39,26	2,46	0,30	1,81	229,54	80	0,86	69,78
10/1/2002	598,87	0,40	61	815	95	0,47	116,88	39,95	2,49	0,30	1,84	232,19	80	0,78	68,99
11/1/2002	586,00	0,39	65	780	101	0,49	124,72	45,38	2,60	0,32	1,92	242,46	80	0,84	66,07
12/1/2002	596,34	0,40	62	808	96	0,48	118,42	40,47	2,51	0,30	1,85	234,22	80	1,01	68,39
13/1/2002	641,86	0,43	47	967	73	0,40	90,38	28,84	2,09	0,25	1,55	195,61	80	0,89	81,89
14/1/2002	601,34	0,40	61	822	94	0,47	115,37	39,43	2,46	0,30	1,82	230,18	80	0,96	69,59
15/1/2002	611,32	0,41	57	852	89	0,45	109,26	37,34	2,38	0,29	1,75	221,98	80	0,83	72,16
16/1/2002	605,30	0,40	59	834	92	0,46	112,95	38,60	2,43	0,30	1,79	226,95	80	0,80	70,58
17/1/2002	624,47	0,42	53	897	82	0,43	101,17	33,15	2,26	0,27	1,67	210,89	80	0,89	75,96
18/1/2002	606,02	0,40	59	836	91	0,46	112,51	38,45	2,42	0,29	1,79	226,36	80	0,78	70,76
19/1/2002	590,34	0,39	64	792	99	0,49	122,08	44,42	2,56	0,31	1,89	239,02	80	0,88	67,02
20/1/2002	632,99	0,42	50	930	78	0,41	95,90	31,42	2,18	0,26	1,61	203,49	80	0,89	78,72
21/1/2002	605,14	0,40	59	833	92	0,46	113,05	38,64	2,43	0,30	1,79	227,08	80	0,89	70,54
22/1/2002	581,20	0,39	67	768	104	0,50	127,64	46,44	2,64	0,32	1,95	246,22	80	0,84	65,06
23/1/2002	588,71	0,39	65	787	100	0,49	123,08	44,78	2,57	0,31	1,90	240,32	80	0,80	66,65
24/1/2002	585,37	0,39	66	779	102	0,50	125,11	45,52	2,60	0,32	1,92	242,95	80	0,78	65,93
25/1/2002	568,18	0,38	71	738	110	0,52	135,53	49,31	2,74	0,33	2,03	256,27	80	0,83	62,51
26/1/2002	572,39	0,38	70	748	108	0,52	132,98	48,38	2,71	0,33	2,00	253,04	80	0,89	63,30
27/1/2002	611,76	0,41	57	854	89	0,45	108,99	37,25	2,37	0,29	1,75	221,61	80	0,87	72,28

Tabela 9-58 - Valores dos parâmetros calculados para a ETA IXB

Data	Gmr (s ⁻¹)	Tmr (s)	Gf (s ⁻¹)	Tf (s)	δp (s ⁻¹)	Vc (m/s)	Gcom (s ⁻¹)	Gcor (s ⁻¹)	Vs (cm/min)	V _L (cm/s)	Q _L (L/s.m)	Tfilt m ³ /m ² .d	Exp (%) ou Vasc (cm/min)	C res (mg/L)	Tc (min)
1/1/2004	942,91	1,08	44	2241	74	0,36	21,17	2,03	1,94	0,23	1,62	168,60	82	0,93	67,17
2/1/2004	942,39	1,04	44	2014	87	0,41	24,85	2,38	2,16	0,26	1,80	187,62	82	0,96	60,37
3/1/2004	942,44	1,05	44	2034	86	0,40	24,48	2,35	2,14	0,25	1,79	185,73	82	1,00	60,98
4/1/2004	942,73	1,07	44	2157	79	0,38	22,43	2,15	2,02	0,24	1,68	175,19	82	1,00	64,65
5/1/2004	941,93	1,02	44	1872	98	0,44	27,74	2,66	2,32	0,27	1,94	201,87	82	1,00	56,10
6/1/2004	942,20	1,03	44	1950	92	0,42	26,09	2,50	2,23	0,26	1,86	193,81	82	1,00	58,44
7/1/2004	942,23	1,03	44	1960	91	0,42	25,88	2,48	2,22	0,26	1,85	192,76	82	1,02	58,76
8/1/2004	942,03	1,02	44	1899	95	0,43	27,15	2,60	2,29	0,27	1,91	198,99	82	0,98	56,92
9/1/2004	942,19	1,03	44	1946	92	0,42	26,17	2,51	2,23	0,26	1,87	194,17	82	1,00	58,33
10/1/2004	942,18	1,03	44	1943	92	0,42	26,23	2,51	2,24	0,26	1,87	194,46	82	1,00	58,24
11/1/2004	942,69	1,06	44	2137	80	0,38	22,74	2,18	2,04	0,24	1,70	176,82	82	1,00	64,05
12/1/2004	942,21	1,03	44	1954	91	0,42	26,01	2,49	2,23	0,26	1,86	193,41	82	1,08	58,56
13/1/2004	942,43	1,05	44	2029	86	0,40	24,57	2,36	2,14	0,25	1,79	186,19	82	0,94	60,83
14/1/2004	942,48	1,05	44	2048	85	0,40	24,23	2,32	2,12	0,25	1,77	184,47	82	0,93	61,40
15/1/2004	942,57	1,06	44	2087	83	0,39	23,56	2,26	2,08	0,25	1,74	181,07	82	1,00	62,55
16/1/2004	942,61	1,06	44	2101	82	0,39	23,32	2,24	2,07	0,24	1,73	179,83	82	1,00	62,98
17/1/2004	942,15	1,03	44	1933	93	0,42	26,43	2,53	2,25	0,27	1,88	195,48	82	0,96	57,94
18/1/2004	942,88	1,08	44	2226	75	0,37	21,39	2,05	1,95	0,23	1,63	169,75	82	0,98	66,72
19/1/2004	942,57	1,06	44	2086	83	0,39	23,59	2,26	2,09	0,25	1,74	181,18	82	1,05	62,51
20/1/2004	943,18	1,10	44	2367	69	0,35	19,51	1,87	1,84	0,22	1,54	159,67	82	1,00	70,93
21/1/2004	942,60	1,06	44	2097	82	0,39	23,40	2,24	2,07	0,25	1,73	180,23	82	1,00	62,84
22/1/2004	942,53	1,05	44	2068	84	0,40	23,89	2,29	2,10	0,25	1,76	182,75	82	1,00	61,97
23/1/2004	942,52	1,05	44	2064	84	0,40	23,95	2,30	2,11	0,25	1,76	183,06	82	1,00	61,87
24/1/2004	942,68	1,06	44	2134	80	0,38	22,79	2,19	2,04	0,24	1,70	177,10	82	0,98	63,95
25/1/2004	942,94	1,08	44	2255	74	0,36	20,98	2,01	1,93	0,23	1,61	167,58	82	1,00	67,59
26/1/2004	942,38	1,04	44	2012	88	0,36	21,17	2,03	1,94	0,23	1,62	168,60	82	0,93	67,17
27/1/2004	942,60	1,06	44	2098	82	0,41	24,85	2,38	2,16	0,26	1,80	187,62	82	0,96	60,37

Tabela 9-59 - Valores dos parâmetros calculados para a ETA X

Data	Gmr (s ⁻¹)	Tmr (s)	Gf (s ⁻¹)	Tf (s)	δp (s ⁻¹)	Vc (m/s)	Gcom (s ⁻¹)	Gcor (s ⁻¹)	Vs (cm/min)	V _L (cm/s)	Q _L (L/s.m)	Tfilt m ³ /m ² .d	Exp (%) ou Vasc (cm/min)	C res (mg/L)	Tc (min)
1/8/2002	683,64	0,48	53	2011	120	0,11	14,57	10,72	2,43	0,28	0,59	197,71	75	0,74	29,53
2/8/2002	688,61	0,49	50	2083	114	0,11	13,82	10,17	2,34	0,27	0,57	243,00	75	0,57	30,59
3/8/2002	654,64	0,44	68	1695	156	0,13	19,04	14,84	2,88	0,33	0,70	189,07	75	0,68	24,89
4/8/2002	694,43	0,50	47	2179	107	0,10	12,92	9,27	2,24	0,26	0,55	163,56	75	0,86	31,99
5/8/2002	710,14	0,54	38	2518	86	0,09	10,40	7,29	1,94	0,22	0,47	150,12	75	0,80	36,98
6/8/2002	717,37	0,56	33	2744	76	0,08	9,14	6,41	1,78	0,21	0,43	169,84	75	0,85	40,29
7/8/2002	706,50	0,53	40	2425	91	0,09	11,00	7,90	2,01	0,23	0,49	210,41	75	1,13	35,61
8/8/2002	679,63	0,48	55	1958	125	0,12	15,17	11,16	2,49	0,29	0,61	182,69	75	0,76	28,74
9/8/2002	698,58	0,51	44	2255	101	0,10	12,27	8,81	2,16	0,25	0,53	172,69	75	0,78	33,11
10/8/2002	704,80	0,52	41	2385	93	0,10	11,28	8,09	2,04	0,24	0,50	175,79	75	0,79	35,02
11/8/2002	702,91	0,52	42	2343	96	0,10	11,59	8,31	2,08	0,24	0,51	193,57	75	0,79	34,40
12/8/2002	691,43	0,50	48	2128	111	0,11	13,39	9,85	2,29	0,27	0,56	188,68	75	0,78	31,24
13/8/2002	694,69	0,50	47	2183	106	0,10	12,88	9,24	2,23	0,26	0,55	205,20	75	0,80	32,05
14/8/2002	683,37	0,48	53	2007	121	0,11	14,61	10,75	2,43	0,28	0,59	231,12	75	0,82	29,47
15/8/2002	664,05	0,46	63	1782	144	0,13	17,46	13,19	2,74	0,32	0,67	196,05	75	0,78	26,17
16/8/2002	689,74	0,49	49	2101	113	0,11	13,64	10,04	2,32	0,27	0,57	177,63	75	0,84	30,85
17/8/2002	701,77	0,52	43	2319	97	0,10	11,77	8,44	2,10	0,24	0,51	178,52	75	0,83	34,05
18/8/2002	701,22	0,51	43	2307	98	0,10	11,86	8,51	2,11	0,25	0,52	203,97	75	0,85	33,88
19/8/2002	684,25	0,48	52	2020	120	0,11	14,48	10,65	2,42	0,28	0,59	183,20	75	0,79	29,65
20/8/2002	698,26	0,51	45	2248	102	0,10	12,32	8,84	2,17	0,25	0,53	178,61	75	0,78	33,01
21/8/2002	701,16	0,51	43	2306	98	0,10	11,86	8,51	2,11	0,25	0,52	173,45	75	0,81	33,86
22/8/2002	704,34	0,52	41	2375	94	0,10	11,35	8,15	2,05	0,24	0,50	191,48	75	0,78	34,87
23/8/2002	692,83	0,50	48	2151	109	0,11	13,17	9,69	2,27	0,26	0,55	175,35	75	0,83	31,58
24/8/2002	703,18	0,52	42	2349	95	0,10	11,54	8,28	2,08	0,24	0,51	167,76	75	0,86	34,49
25/8/2002	707,72	0,53	39	2455	89	0,09	10,80	7,57	1,99	0,23	0,49	204,82	75	0,90	36,05
26/8/2002	681,32	0,48	54	1980	123	0,11	14,57	10,72	2,43	0,28	0,59	197,71	75	0,74	29,53
27/8/2002	688,75	0,49	50	2086	114	0,11	13,82	10,17	2,34	0,27	0,57	243,00	75	0,57	30,59

