Campus de São Carlos

**Ocorrência de sólidos e metais na água tratada e
nos resíduos gerados em ETA convencional de ciclo
completo com descargas diárias**

Francisco Gláucio Cavalcante de Souza

Orientador: Prof. Dr. João Sérgio Cordeiro

UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO

**ESCOLA DE ENGENHARIA
DE SÃO CARLOS**

Serviço de Pós-Graduação EESC/USP
EXEMPLAR REVISADO
Data de entrada no Serviço.....13 / 09 / 04.....
Ass.:..... <i>Francisco Gláucio Cavalcante de Souza</i>

Francisco Gláucio Cavalcante de Souza

**OCORRÊNCIA DE SÓLIDOS E METAIS NA ÁGUA TRATADA E
NOS RESÍDUOS GERADOS EM ETA CONVENCIONAL DE
CICLO COMPLETO COM DESCARGAS DIÁRIAS**

Dissertação apresentada à Escola de Engenharia de São Carlos da Universidade de São Paulo, como parte dos requisitos para obtenção do Título de Mestre em Hidráulica e Saneamento.

DEDALUS - Acervo - EESC

Orientador: Prof. Dr. João Sérgio Cordeiro

São Carlos

2004

Coleção	TESE EESC
Cott.	5851
Tombo	T216/04
Sysno	1395508

Ficha catalográfica preparada pela Seção de Tratamento
da Informação do Serviço de Biblioteca – EESC/USP

S729o

Souza, Francisco Gláucio Cavalcante de
Ocorrência de sólidos e metais na água tratada e
nos resíduos gerados em ETA convencional de ciclo
completo com descargas diárias / Francisco Gláucio
Cavalcante de Souza. -- São Carlos, 2004.

Dissertação (Mestrado) -- Escola de Engenharia de
São Carlos-Universidade de São Paulo, 2004.

Área: Hidráulica e Saneamento.

Orientador: Prof. Dr. João Sérgio Cordeiro.

1. Tratamento de água. 2. Resíduos. 3. Sólidos.
4. Lodo. 5. Balanço de massa. I. Título.

FOLHA DE JULGAMENTO

Candidato: Engenheiro **FRANCISCO GLÁUCIO CAVALCANTE DE SOUZA**

Dissertação defendida e julgada em 14-07-2004 perante a Comissão Julgadora:

Prof. Dr. **JOÃO SÉRGIO CORDEIRO** (Orientador)
(Universidade Federal de São Carlos/UFSCar)

Aprovado

Prof. Dr. **MARCO ANTONIO PENALVA REALI**
(Escola de Engenharia de São Carlos/USP)

Aprovado

Prof. Dr. **BERNARDO ARANTES DO NASCIMENTO TEIXEIRA**
(Universidade Federal de São Carlos/UFSCar)

Aprovado

Prof. Dr. **MARCELO ZAIAT**
Vice-Coordenador do Programa de Pós-Graduação em
Engenharia (Hidráulica e Saneamento), em exercício.

Prof. Associado **JONAS DE CARVALHO**
Decano da Comissão de Pós-Graduação.

Dedico este trabalho

*Aos meus pais,
Vicente Cavalcante de Souza e
Maria Dilurdes Silva de Sousa*

*Às minhas irmãs
Fernanda Cavalcante Fontenele e
Juliana Cavalcante de Souza*

*E aos meus irmãos de coração,
Ranaldo Cezar Souza e
Francisco Adelino V. Fontenele.*

AGRADECIMENTOS

Primeiro a Deus e Nossa Senhora, mãe de Jesus Cristo.

Ao Professor Dr. João Sérgio Cordeiro, pela oportunidade, confiança, apoio, incentivo e orientação fornecida.

À Professora Dra. Maria do Carmo Calijuri, que me apoiou desde o início do programa.

À Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo (FAPESP) pela bolsa de estudos concedida.

Ao Conselho Nacional de Pesquisa Tecnológica e Científica (CNPQ), por dois meses de bolsa concedidos.

Ao Prof. Dr. Luiz Antônio Daniel, Prof. Dr. Marco Antônio Penal Real e Prof. Dr. Simar Vieira de Amorim por terem colaborado e participado das bancas de qualificação.

Ao Marcelo Melo Barroso, que me passou sua experiência no assunto.

A todos os funcionários do DAAE/Araraquara que muito ajudaram em todas as fases do trabalho.

À Técnica Patrícia do Laboratório de Saneamento da UFSCar pelo auxílio na segunda fase do trabalho.

Aos técnicos Paulo Fragiácomo e Júlio Cezar Trofino do Laboratório de Saneamento Do SHS/EESC/USP, Marcelo Menezes Nogueira do Núcleo de Estudos de Ecossistemas Aquáticos do CRHEA/SHS/EESC/USP e ao Prof. Dr. Evaldo Luiz G. Espíndola pelo auxílio na terceira fase do trabalho.

A todos professores do SHS/EESC/USP que contribuíram para minha formação profissional.

A Sá, Pavi, Márcia, Flávia, Rose, Fábio e Vanessa do corpo administrativo do SHS/EESC/USP, pelo auxílio nas questões burocráticas do departamento.

Aos grandes amigos Jucélia Cabral (Jú), Thiago Momenti (Pir), Tiago Venâncio, e Ludimila Ramos (Ludy) que diretamente colaboraram.

A Denise (Dê), Gustavo, Karina Querne (Kal), Lara (Larinha), Leonardo (Léo), Maurinha, Monique Toledo (Mô), Murilo Fiorini, Roseli Benassi, Sávia Gavazza (Suka) e a todos os amigos que conquistei em São Carlos, que de forma indireta, colaboraram com o trabalho.

SUMÁRIO

LISTA DE FIGURAS	VIII
LISTA DE FOTOGRAFIAS.....	X
LISTA DE TABELAS.....	XI
LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS.....	XIII
RESUMO	XV
ABSTRACT.....	XVI
1. INTRODUÇÃO	1
2. OBJETIVOS	3
3. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....	4
3.1. O PROBLEMA DA ESCASSEZ DE ÁGUA E A POLUIÇÃO DOS CORPOS HÍDRICOS	4
3.2. ETAS: TRATAMENTO DE ÁGUA E GERAÇÃO DE RESÍDUOS.....	6
3.3. CARACTERÍSTICAS DOS RESÍDUOS	8
3.4. QUANTIDADE DE RESÍDUOS.....	13
3.5. PRODUTOS QUÍMICOS UTILIZADOS NO TRATAMENTO DE ÁGUA	19

3.6. LANÇAMENTO DE RESÍDUOS EM CORPOS HÍDRICOS	20
3.7. TRATAMENTO E DESTINO FINAL DOS RESÍDUOS.....	22
3.8. EVOLUÇÃO HISTÓRICA DA ADMINISTRAÇÃO DAS ÁGUAS DO BRASIL.	24
3.9. LEGISLAÇÃO BRASILEIRA PARA MANEJO E DISPOSIÇÃO DE RESÍDUOS DE ESTAÇÕES DE TRATAMENTO DE ÁGUA.....	27
 4. PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS	 31
4.1. INTRODUÇÃO.....	31
4.2. ETAPAS DE TRABALHO	32
4.2.1. Caracterização da ETA Fonte Luminosa (1ª Etapa).....	32
4.2.2. Caracterização qualitativa da água nas diversas etapas do tratamento (2ª Etapa)....	33
4.2.3. Caracterização das amostras dos resíduos gerados nos decantadores e filtros (2ª Etapa)	36
4.2.3.1. Coletas de amostras de água de descarte dos decantadores	36
4.2.3.2. Cálculo do volume de água descartado nos decantadores.....	37
4.2.3.3. Coletas de amostras de água de lavagem dos filtros.....	38
4.2.3.4. Forma de análise das amostras	39
4.2.3.5. Cálculo da carga de sólidos retida nos decantadores e filtros	40
4.2.4. Avaliação da ocorrência de metais ao longo do tratamento e nos resíduos dos decantadores e filtros (3ª Etapa)	40
 5. RESULTADOS E DISCUSSÃO	 43
5.1. CARACTERIZAÇÃO DA ETA FONTE LUMINOSA (ARARAQUARA/SP).....	43
5.1.1. Tecnologia de tratamento	44
5.1.2. Vazões operacionais.....	45
5.1.3. Produtos químicos.....	47
5.1.4. Limpeza dos decantadores e filtros	48
5.1.5. Volumes produzidos.....	49
5.1.6. Dados operacionais da ETA Fonte Luminosa	50
5.2. AMOSTRAS DE ÁGUA.....	52
5.2.1. Ocorrência de sólidos ao longo do tratamento	52
5.2.2. Avaliação da qualidade da água ao longo da estação.....	57
5.2.3. Ocorrência de metais na água	58

5.2.3.1. Ferro	58
5.2.3.2. Cádmio e cobre.....	59
5.2.3.3. Níquel.....	59
5.2.3.4. Chumbo.....	59
5.2.3.5. Cromo total.....	61
5.2.3.6. Zinco	61
5.2.3.7. Magnésio	62
5.3. RESÍDUOS DA DESCARGA DE FUNDO DOS DECANTADORES E DA LAVAGEM DOS FILTROS	63
5.3.1. Sólidos	63
5.3.2. Fosfato total, nitrogênio total e DQO.....	68
5.3.3. Volumes descartados	69
5.3.4. Carga de sólidos retida na ETA Fonte Luminosa.....	71
5.3.4.1. Carga de sólidos suspensos na água de descarte dos decantadores	71
5.3.4.2. Carga de sólidos suspensos na água de lavagem dos filtros.....	73
5.3.4.3. Carga total de sólidos suspensos retidos na ETA Fonte Luminosa	74
5.3.5. Metais	76
5.4. CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	78
6. CONCLUSÕES	81
7. RECOMENDAÇÕES.....	82
8. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	84
ANEXO A	88
APÊNDICE A.....	112

LISTA DE FIGURAS

FIGURA 1 – TECNOLOGIAS DE TRATAMENTO DE ÁGUA (ADAPTADO DE DI BERNARDO ET AL., 2002).....	7
FIGURA 2 - PONTOS DE GERAÇÃO DE LODO NAS PRINCIPAIS ETAS BRASILEIRAS.....	9
FIGURA 3 - FLUXOGRAMA DE ETA COM TRATAMENTO CONVENCIONAL DE CICLO COMPLETO (ADAPTADO DE CORDEIRO, 1993)	15
FIGURA 4 – ALTERNATIVAS PARA TRATAMENTO E DISPOSIÇÃO DE LODOS (ADAPTADO DE DHARMAPPA ET AL., 1997)	23
FIGURA 5 – FASES DA ACV (ADAPTADO DE IBICT, 2004)	30
FIGURA 6 – FLUXOGRAMA DA FASE EXPERIMENTAL DO TRABALHO	32
FIGURA 7 – LOCALIZAÇÃO DOS PONTOS DE COLETA DA ETA FONTE LUMINOSA	34
FIGURA 8 – PERFIL DA VAZÃO DIÁRIA AFLUENTE A ETA FONTE LUMINOSA.....	46
FIGURA 9 – PERFIL TÍPICO DAS VAZÕES DIÁRIAS CAPTADAS DOS MANANCIAIS QUE ALIMENTAM A ETA FONTE LUMINOSA.....	46
FIGURA 10 – PERFIL DA VAZÃO MÉDIA MENSAL AFLUENTE A ETA FONTE LUMINOSA.	46
FIGURA 11 – CONSUMO DE COAGULANTE E CAL NOS ANOS DE 2001, 2002 E 2003 NA ETA FONTE LUMINOSA (FONTE: DAAE 2003).....	48
FIGURA 12 – VARIAÇÃO DA MÉDIA DOS VALORES MÁXIMOS E MÍNIMOS DIÁRIOS DE TURBIDEZ DA ÁGUA BRUTA AO LONGO DO ANO DE 2003 NA ETA FONTE LUMINOSA.....	50
FIGURA 13 – MÁXIMA E MÍNIMA AMPLITUDE DIÁRIA DE TURBIDEZ DA ÁGUA BRUTA REGISTRADA NO ANO DE 2003 NA ETA FONTE LUMINOSA.	51
FIGURA 14 – VARIAÇÃO DA CONCENTRAÇÃO DE SÓLIDOS TOTAIS AO LONGO DO TRATAMENTO. ...	52
FIGURA 15 - VARIAÇÃO DA CONCENTRAÇÃO DE SÓLIDOS SUSPENSOS TOTAIS AO LONGO DO TRATAMENTO.....	53

FIGURA 16 - VARIAÇÃO DA CONCENTRAÇÃO DE SÓLIDOS DISSOLVIDOS TOTAIS AO LONGO DO TRATAMENTO.....	53
FIGURA 17 - VARIAÇÃO PERCENTUAL DOS SÓLIDOS SUSPENSOS TOTAIS (SST) E SÓLIDOS DISSOLVIDOS TOTAIS (SDT) AO LONGO DO TRATAMENTO NA ETA FONTE LUMINOSA.....	55
FIGURA 18 – VARIAÇÃO DA TURBIDEZ DA ÁGUA AO LONGO DO TRATAMENTO.....	56
FIGURA 19 – VARIAÇÃO DA COR APARENTE DA ÁGUA AO LONGO DO TRATAMENTO.	56
FIGURA 20 – CONCENTRAÇÕES DE FE AO LONGO DA ETA FONTE LUMINOSA.....	58
FIGURA 21 – CONCENTRAÇÕES DE NI AO LONGO DA ETA FONTE LUMINOSA.....	59
FIGURA 22 – CONCENTRAÇÕES DE PB AO LONGO DA ETA FONTE LUMINOSA.	60
FIGURA 23 – CONCENTRAÇÕES DE CROMO TOTAL AO LONGO DA ETA FONTE LUMINOSA.	61
FIGURA 24 – CONCENTRAÇÕES DE ZN AO LONGO DA ETA FONTE LUMINOSA.....	62
FIGURA 25 – CONCENTRAÇÕES DE MG AO LONGO DA ETA FONTE LUMINOSA.....	62
FIGURA 26 - VARIAÇÃO PERCENTUAL DOS SÓLIDOS SUSPENSOS TOTAIS (SST) E SÓLIDOS DISSOLVIDOS TOTAIS (SDT) NAS AMOSTRAS DE ÁGUA DE DESCARTE DOS DECANTADORES E ÁGUA DE LAVAGEM DOS FILTROS.....	63
FIGURA 27 – VARIAÇÃO DA TURBIDEZ E SST NA ÁGUA DE DESCARGA DE FUNDO DOS DECANTADORES.	64
FIGURA 28 – VARIAÇÃO DA TURBIDEZ E SST NA ÁGUA DE LAVAGEM DOS FILTROS.....	64
FIGURA 29 – CORRELAÇÃO ENTRE SST E TURBIDEZ DOS RESÍDUOS DA ETA FONTE LUMINOSA ...	65
FIGURA 30 – VARIAÇÃO DA TURBIDEZ NA DESCARGA DE FUNDO DOS DECANTADORES.	66
FIGURA 31 – VARIAÇÃO DA TURBIDEZ NA ÁGUA DE LAVAGEM DOS FILTROS.....	66
FIGURA 32 - VARIAÇÃO DA COR APARENTE NA ÁGUA DE DESCARTE DOS DECANTADORES.	67
FIGURA 33 - VARIAÇÃO DA COR APARENTE NA ÁGUA DE LAVAGEM DOS FILTROS.....	68
FIGURA 34 – CARGA DE SÓLIDOS GERADOS NOS DECANTADORES.	72
FIGURA 35 – CARGA DE SÓLIDOS GERADOS NOS FILTROS.	74
FIGURA 36 – CARGA DE SÓLIDOS RETIDOS NOS DECANTADORES E FILTROS DA ETA FONTE LUMINOSA E ETA SÃO CARLOS.	76

LISTA DE FOTOGRAFIAS

FOTOGRAFIA 1 – FOTOS DE ALGUNS DOS PONTOS COLETADOS (A1, A2, A3, A4 E A5) E DO PROCEDIMENTO DE COMPOSIÇÃO DAS AMOSTRAS AO LONGO DO DIA.....	35
FOTOGRAFIA 2 – AMOSTRAS DO DESCARTE DOS DECANTADORES EM DIVERSOS INTERVALOS DE TEMPO (15, 30, 90, 120, 150 E 180s)	37
FOTOGRAFIA 3 - AMOSTRAS DA ÁGUA DE LAVAGEM DOS FILTROS EM DIVERSOS INTERVALOS DE TEMPO (15, 30, 60, 90, 120, 150, 180, 210, 240 E 270s)	38
FOTOGRAFIA 4 – FOTO DA FACHADA DA ETA FONTE LUMINOSA.....	43
FOTOGRAFIA 5 – UNIDADES QUE COMPÕEM A ETA FONTE LUMINOSA.	45

LISTA DE TABELAS

TABELA 1 – CARACTERÍSTICAS DOS RESÍDUOS GERADOS NOS DECANTADORES DA ETA SÃO CARLOS E NOS FILTROS DA ETA RIO DESCOBERTO	14
TABELA 2 – PRODUÇÃO TEÓRICA DE SÓLIDOS	16
TABELA 3 – DATAS DAS COMPOSIÇÕES DAS AMOSTRAS DE ÁGUA DA ETA FONTE LUMINOSA.....	33
TABELA 4 – PONTOS DE COLETA DE ÁGUA.....	35
TABELA 5 – PARÂMETROS DETERMINADOS EM CADA COLETA DE ÁGUA REALIZADA.	36
TABELA 6 – PARÂMETROS DETERMINADOS NAS AMOSTRAS COMPOSTAS DE ÁGUA	36
TABELA 7 – DATAS DAS COMPOSIÇÕES DAS AMOSTRAS DOS RESÍDUOS DA DESCARGA DE FUNDO DOS DECANTADORES E DA LAVAGEM DOS FILTROS DA ETA FONTE LUMINOSA.	37
TABELA 8 – PARÂMETROS DETERMINADOS EM CADA COLETA DE AMOSTRAS DE DESCARTE DOS DECANTADORES E ÁGUA DE LAVAGEM DOS FILTROS.....	39
TABELA 9 – PARÂMETROS DETERMINADOS NAS AMOSTRAS COMPOSTAS DE DESCARTES DOS DECANTADORES E ÁGUA DE LAVAGEM DOS FILTROS ÁGUA	39
TABELA 10 – METAIS ANALISADOS NAS AMOSTRAS DE ÁGUA E NOS RESÍDUOS DOS DECANTADORES E FILTROS.	42
TABELA 11 – QUANTIDADE DE PRODUTOS QUÍMICOS DESPENDIDA NO ANO DE 2003.	47
TABELA 12 - PRODUÇÃO DE ÁGUA NA ETA FONTE LUMINOSA NO ANO DE 2003.....	49
TABELA 13 – MÉDIA DOS VALORES MÁXIMOS E MÍNIMOS DIÁRIOS DE TURBIDEZ, CONCENTRAÇÃO DE CLORO E FLÚOR DA ÁGUA TRATADA NA ETA FONTE LUMINOSA EM 2003.....	51
TABELA 14 – REMOÇÃO DE TURBIDEZ E ACRÉSCIMO DE SÓLIDOS TOTAIS (ST) NA ETA FONTE LUMINOSA.....	57
TABELA 15 – PARÂMETROS DETERMINADOS NOS RESÍDUOS DA ETA FONTE LUMINOSA, DA ETA SÃO CARLOS E DA ETA RIO DESCOBERTO.	69

TABELA 16 – TEMPO DO REBAIXAMENTO DO NÍVEL DE ÁGUA NOS DECANTADORES, VAZÃO AFLUENTE A ESTAÇÃO, VOLUME, TEMPO E VAZÃO DE DESCARGA DOS DECANTADORES.....	70
TABELA 17 – CARGA DIÁRIA DE SÓLIDOS SUSPENSOS DESCARTADOS NOS DECANTADORES.	71
TABELA 18 – CARGA DIÁRIA DE SÓLIDOS SUSPENSOS DESCARTADOS NOS DECANTADORES A PARTIR DO BALANÇO DE MASSAS.....	72
TABELA 19 – CARGA DIÁRIA DE SÓLIDOS SUSPENSOS DESCARTADOS NOS FILTROS.....	73
TABELA 20 – CARGA DIÁRIA DE SÓLIDOS SUSPENSOS DESCARTADOS NOS FILTROS A PARTIR DO BALANÇO DE MASSAS.	74
TABELA 21 – CARGA DIÁRIA TOTAL DE SÓLIDOS SUSPENSOS RETIDOS NOS DECANTADORES E FILTROS.	75
TABELA 22 – CARGA DIÁRIA TOTAL DE SÓLIDOS RETIDA NO TRATAMENTO DIARIAMENTE NOS FILTROS E DECANTADORES.....	75
TABELA 23- VALORES MÉDIOS DAS CONCENTRAÇÃO DE Fe, Ni, Pb, Cr, Zn E Mg NAS AMOSTRAS DOS RESÍDUOS DOS DECANTADORES E ÁGUA DE LAVAGEM DOS FILTROS E PADRÃO DE LANÇAMENTO EM CORPOS DE ÁGUA SEGUNDO CONAMA 20 (18/06/86).....	76
TABELA 24- TURBIDEZ E SST DAS AMOSTRAS COMPOSTAS DOS RESÍDUOS DOS DECANTADORES E ÁGUA DE LAVAGEM DOS FILTROS.....	77
TABELA 25- VALORES MÉDIOS DAS CONCENTRAÇÃO DE Fe, Ni, Pb, Cr, Zn E Mg EM G/KG NAS AMOSTRAS DOS RESÍDUOS DOS DECANTADORES E ÁGUA DE LAVAGEM DOS FILTROS	78
TABELA 26 – CARACTERIZAÇÃO DOS RESÍDUOS GERADOS NA ETA FONTE LUMINOSA (DAAE/ARARAQUARA), NA ETA SÃO CARLOS (SAAE/SÃO CARLOS) E NA ETA RIO DESCOBERTO (CAESB/BRASÍLIA)	80

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ABNT	Associação Brasileira de Normas Técnicas;
ACV	Avaliação do Ciclo de Vida;
AWWARF	American Water Works Association Research Foundation;
BSI	British Standards;
CONAMA	Conselho Nacional do Meio Ambiente;
COPAM	Conselho Estadual de Política Ambiental;
CRHEA	Centro de Recursos Hídricos e Ecologia Aplicada;
DAAE	Departamento Autônomo de Água e Esgoto de Araraquara;
DBO	Demanda Bioquímica de Oxigênio;
DEC	Departamento de Engenharia Civil;
DQO	Demanda Química de Oxigênio;
EESC	Escola de Engenharia de São Carlos;
ETA	Estação de Tratamento de Água;
ETE	Estação de Tratamento de Esgoto;
FAPESP	Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo;
IBICT	Instituto Brasileiro de Informação em Ciência e Tecnologia;
ISO	International Organization Standardization;
KIWA	Keuringsinstituut voor Waterleidingartikelen;
LETA	Lodo de Estação de Tratamento de Água;
MS	Ministério da Saúde;
NBR	Normas Brasileiras;
NTK	Nitrogênio Total;
ONU	Organização das Nações Unidas;
pH	Potencial Hidrogeniônico;
PROSAB	Programa de pesquisa em Saneamento Básico;
PT	Fosfato Total;
R1	Reservatório 01 de água tratada da ETA Fonte Luminosa;
R2	Reservatório 02 de água tratada da ETA Fonte Luminosa;
SABESP	Companhia de Saneamento Básico do Estado de São Paulo;
SEMACE	Superintendência Estadual do Meio Ambiente do Ceará;

SST	Sólidos Suspensos Totais;
SSTF	Sólidos Suspensos Totais Fixos;
SSTV	Sólidos Suspensos Totais Voláteis;
ST	Sólidos Totais;
STF	Sólidos Totais Fixos;
STV	Sólidos Totais Voláteis;
UFSCar	Universidade Federal de São Carlos;
uC	Unidade de cor;
USP	Universidade de São Paulo;
uT	Unidade de Turbidez.

RESUMO

SOUZA, F. G. C (2004). *Ocorrência de sólidos e metais na água tratada e nos resíduos gerados em ETA convencional de ciclo completo com descargas diárias*. Dissertação (Mestrado) – Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos, 2004.

Neste trabalho, foram levantados dados sobre o tratamento da água e os resíduos gerados nos decantadores e filtros da ETA Fonte Luminosa, localizada em Araraquara, que é do tipo convencional com decantadores de alta taxa, objetivando-se obter parâmetros sobre a qualidade e quantidade dos resíduos gerados na ETA referida. Foram analisados e relacionados fatores relevantes na geração e composição destes resíduos, tais como: consumo de produtos químicos, procedimentos operacionais e qualidade da água bruta.

O trabalho foi dividido em três etapas. Na primeira, foi realizada a caracterização física e operacional da ETA Fonte Luminosa através de visitas e levantamento de dados históricos da água afluyente à estação, da água tratada, dos produtos químicos e dos dados operacionais da estação no período de 2001 a 2003. Na segunda etapa, realizou-se a caracterização qualitativa da água nas diversas etapas do tratamento em termos de pH, cor aparente, turbidez e sólidos; nos resíduos originados nos decantadores e filtros, também, foi realizada a caracterização qualitativa (DQO, nitrogênio total, fosfato total, pH, cor aparente, turbidez e sólidos) e quantitativa (medida e estimada com o emprego de balanço de massas) dos. A última etapa, foi a avaliação da ocorrência de metais (Fe, Cd, Zn, Ni, Cu, Pb, Cr e Mg) na água ao longo do tratamento e nos resíduos.

Os processos e as operações empregadas no tratamento influenciaram diretamente na qualidade e na quantidade dos resíduos. No período observado, os resultados indicaram grande semelhança entre os resíduos gerados nos decantadores de alta taxa e filtros da ETA Fonte Luminosa. Notou-se grande divergência entre os resíduos gerados em decantadores convencionais (ETA São Carlos) e de alta taxa (descargas diárias). Observou-se a ocorrência de chumbo, níquel e cromo total na água tratada em valores acima do Padrão de Potabilidade fixado pela Portaria N.º 518/MS de 25/03/2004.

Palavras-chave: Tratamento de Água, resíduos, sólidos, lodo, balanço de massa.

ABSTRACT

SOUZA, F. G. C (2004). *Solids and metal occurrence in the drinking water and in the residuals generated in conventional WTP of complete cycle with daily discharge*. M. Sc. Dissertation – Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos, 2004.

In this work, it was made a data survey about the water treatment and the residuals generated in the settling tanks and filters from the Fonte Luminosa WTA located at Araraquara-SP, a conventional type WTA with high rate settling tanks; aiming to obtain parameters about the quality and quantity of residuals generated at this WTA. The relevant parameters in the residuals generation and composition, like the chemical consume, the operational proceedings and the raw water quality, were evaluated and related to each other.

The work was divided in three stages. In the first, it was made the physic and operational characterization from the Fonte Luminosa WTA by means of visits and historical data surveys from the water that enters the WTA, the treated water, the chemicals used and the operational data from the period of 2001 to 2003. In the second stage, it was made a qualitative characterization from the water in several stages of the treatment, with the parameters: pH, apparent color, turbidity and solids; to the residuals generated in the settling tanks and filters was also made the qualitative characterization with the parameters: COD, total nitrogen, total phosphate, pH, apparent color, turbidity and solids; and it was made a quantitative characterization for these residuals (measured and estimated by the mass balance). The last stage was the evaluation of the occurrence of metals (Fe, Cd, Zn, Ni, Cu, Pb, Cr and Mg) in the total water treatment and in the residuals.

The processes and operations applied in the water treatment have a direct influence in the quality and quantity of the generated wastes. In the observed period, the results show a great similarity between the wastes generated in the high rate settling tanks and filters from this WTA. It was observed a great difference between the residuals generated in conventional settling tanks (São Carlos WTA) and high rate settling tanks (daily discharge). It was observed the occurrence of lead, nickel and chrome in the treated water, with values bigger than the ones fixed by the Portaria N.º 518/MS from 03/25/2004 to a drinking water.

Key-words: Water treatment, residuals, solids, sludge, mass balance.

1. INTRODUÇÃO

Processos e operações empregados em estações de tratamento de água (ETA) geram resíduos. Em estações convencionais, devido à retenção e concentração de impurezas contidas na água bruta e nos produtos químicos, estes resíduos são formados, principalmente, nos decantadores e filtros e, em menor escala, nos tanques de preparação de soluções e suspensões de produtos químicos.

O crescimento contínuo do consumo de água e o aumento da degradação dos corpos hídricos são fatores, que de forma determinante exercem influência nas ETAs. Em determinadas regiões, em função da qualidade das águas disponíveis e da demanda de água requerida pela população, o tratamento pode se tornar um investimento economicamente inviável. Em ETAs, a queda da qualidade da água bruta a ser tratada implica em maior consumo de produtos químicos e, conseqüentemente, maior produção de resíduos, passíveis de tratamento e disposição em local adequado.

Via de regra, não é atribuída a devida importância a esses resíduos gerados pelo acúmulo de impurezas nas ETAs. Os tratamentos existentes consistem na redução da quantidade de água dos resíduos para atender aos padrões de lançamento exigidos pela disposição final em aterros. Em alguns casos, o líquido clarificado é recirculado no sistema de tratamento. Porém, na maioria das estações, o lodo é despejado em corpos d'água, sem a preocupação com reuso e recuperação, em desrespeito ao meio ambiente e caracterizando crime ambiental, segundo a Lei 9.605 (1998), podendo afetar a saúde e o bem estar humanos, assim como o equilíbrio do meio ambiente. Tal prática é resultante da falta de gerenciamento por parte dos responsáveis desses resíduos devido aos custos envolvidos e a falta de informações sobre sua composição e, conseqüentemente, seu tratamento adequado. Segundo CORDEIRO (1993), existe certa incoerência por parte da

Indústria da Água, que busca preservar a qualidade da água bruta, protegendo os mananciais, mas continuam lançando seus dejetos nos corpos d'água mais próximos, esquecendo as ações tomadas anteriormente.

O manejo inadequado desses despejos é proveniente da falta de informação e entendimento do problema, que induz os administradores a decidir que os custos dispensados no tratamento desses resíduos não são justificáveis. É necessário que os profissionais da Indústria da Água tenham visão sistêmica do fato, desde a preservação dos mananciais até o controle de qualidade da água tratada sem desprezar as influências dos insumos e os impactos causados pelo tratamento.

A grande maioria dos resíduos gerados durante o tratamento de água fica retida nos decantadores e filtros, porém, uma pequena parcela pode ser transmitida à água tratada, motivo pelo qual, assume grande importância o estudo da produção dos metais e sólidos, principais constituintes do lodo, em uma ETA. O balanço de massa além de possibilitar a compreensão da produção e transporte destes resíduos nas estações, contribui para a proteção da saúde humana e do meio ambiente, porque promove a redução do volume de resíduos gerados e evita a transgressão da legislação ambiental vigente para lançamento direto aos cursos d'água.

Há enorme carência de informações relativas aos problemas decorrentes de despejos de resíduos de estações de tratamento de água em corpos receptores. É preciso alertar os profissionais responsáveis pelas estações para a gravidade desse problema. Para tanto, é imprescindível a realização de pesquisas que estudem as características desses resíduos, bem como seus impactos nos corpos d'água e seus inevitáveis efeitos nocivos à sociedade.

Recentemente, foi desenvolvido o Programa PROSAB que, em dois editais, elegeu como prioritários os estudos de temas relativos aos rejeitos de ETAs e ETEs. No entanto, devido ao reduzido número de grupos nessa área, foram realizadas poucas pesquisas com resíduos de ETAs. As características destes resíduos dependem da concepção do projeto da estação, do método operacional, da qualidade da água bruta e da qualidade, quantidade e tipo dos produtos químicos empregados. É importante estudar os diversos tipos de lodo e a comunidade científica precisa criar parâmetros que sirvam como subsídios para balizar decisões futuras no gerenciamento desses sistemas.

2. OBJETIVOS

Foram objetivos desta pesquisa:

- Investigar a influência dos insumos, da água bruta afluyente à ETA Fonte Luminosa (DAAE/Araraquara/SP), dos procedimentos operacionais de descartes da água de fundo dos decantadores e da água de lavagem dos filtros na qualidade da água tratada e na qualidade e quantidade de resíduos gerados na referida ETA;
- Comparar os resultados deste trabalho, que foi realizado em ETA convencional de ciclo completo com descartes diários, com os resultados obtidos por BARROSO (2002), que estudou a ETA São Carlos, estação de porte semelhante, mas com decantação tipo convencional.

3. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

3.1. O problema da escassez de água e a poluição dos corpos hídricos

Atualmente, existe crescente preocupação em preservar o meio ambiente, principalmente a água, que é imprescindível ao desenvolvimento de uma sociedade. A água é fonte de vida e de alimento para as populações e um bem natural de domínio público, dotado de valor econômico, que merece o cuidado da preservação, em quantidade e qualidade, para o atendimento dos seus múltiplos usos.

Apesar de ser o recurso mais abundante, sua escassez é hoje um problema que ameaça o mundo. De acordo com UJANG & BUCKLEY (2002), é importante notar que, a quantidade de água disponível atualmente é quase a mesma de 4.500 anos. Porém a demanda de água cresce cada vez mais, aliado ao fato da degradação da qualidade da água em muitos lugares devido a fatores antrópicos. O consumo *per capita* de água diminuiu 58% enquanto a população cresceu de 2,5 bilhões em 1950 para 6 bilhões em 2000. Estima-se que, até 2025, devido à escassez, três bilhões de habitantes não terão disponível a quantidade anual mínima de água imprescindível às necessidades de uma pessoa. Segundo relatório da ONU¹ apud VASCONCELOS (2002) em 2050, mais de 45% do total mundial, cerca de 4,2 bilhões de pessoas, não terão assegurada a cota diária indispensável às necessidades básicas. A situação é mais alarmante para países em desenvolvimento onde faltam água potável e saneamento básico.

REBOUÇAS et al. (2002) alertam para a crescente degradação dos rios, lagos naturais e represas de áreas mais densamente povoadas dos países em desenvolvimento, como o Brasil. Se

¹ Organização das Nações Unidas em relatório divulgado no final de 2001.

nenhuma medida for tomada, esse processo pode se tornar irreversível. O autor alerta ainda que não estamos livres do problema de escassez, embora o Brasil possua grande quantidade de água (12% de toda a água doce do planeta). O desordenado e localizado crescimento das demandas, associado aos processos de degradação da qualidade da água livre, agrava o problema.

As principais fontes de contaminação de mananciais são: os insumos agrícolas, as águas residuárias e os resíduos sólidos. De acordo com SENRA (2002), a água, recurso natural com grande possibilidade de esgotamento futuro, é a grande preocupação mundial. Contaminações por minérios, esgotamentos sanitários, poluição industrial, derramamentos de óleo e assoreamentos devido a desmatamentos e queimadas colocam o Brasil em situação delicada, comprometendo a qualidade e quantidade de nossas águas.

Segundo PARSEKIAN (1998), a Secretaria de Obras e Recursos Hídricos de São Paulo, no informativo do Instituto de Engenharia (março/97), divulgou a preocupação com a demanda e a qualidade da água para abastecimento, pois o Estado de São Paulo possui apenas 1,6% dos recursos de água doce brasileira; dos quais foram utilizados, até 1990, 16% e a projeção para 2010 é do uso de 25% desse recurso.

Com o crescimento sócio-econômico das cidades, aumentaram os problemas relativos à poluição, principalmente, dos corpos hídricos. Nos países em desenvolvimento, a poluição pode ser agravada pela falta de conscientização ambiental de seus habitantes. A população não reivindica seus direitos e pouco se importa com a preservação do meio ambiente, sem perceber que isso interfere diretamente na sua qualidade de vida. As indústrias não buscam o desenvolvimento sustentável, visando apenas os lucros, e assim, contribuindo para a degradação ambiental. Finalmente, o descaso do poder público que pouco faz para dar um basta a essa situação. O esforço de cuidar das águas é dever de todos.

Para reverter o problema de escassez de água, é preciso evitar o desperdício, desenvolver técnicas “limpas” que permitam o reuso e, principalmente, atenuar ou eliminar as fontes poluidoras. Torna-se necessário, o planejamento do uso da água, e principalmente, sua valorização pela sociedade. O conceito de desenvolvimento sustentável considera igualmente as questões ambientais e os problemas sócio-econômicos das empresas.

3.2. ETAs: tratamento de água e geração de resíduos

Devido à ótima capacidade de dissolução, a água incorpora grande quantidade de impurezas que precisam ser removidas para que a mesma se enquadre nos Padrões de Potabilidade estabelecido pela Portaria N.º 518 (25/03/2004) do Ministério da Saúde. Para consumo humano, a água não pode conter substâncias dissolvidas em níveis tóxicos e ser isenta de microrganismos patogênicos. A remoção de tais impurezas se dá pelas ETAs. Em sistemas de abastecimento urbano, além da remoção de impurezas, as ETAs devem conferir à água barreiras contra contaminações por microrganismos patogênicos.

Comumente, a forma de avaliar a qualidade da água distribuída e, conseqüentemente, do processo operacional empregado no tratamento é através de análises físico-químicas e microbiológicas realizadas nos laboratórios das próprias ETAs. É importante que os profissionais da água se conscientize da necessidade de manter um programa de monitoramento da qualidade da água ao longo da estação. A necessidade do monitoramento se deve ao fato de que possíveis mudanças em algumas características da água podem ocorrer em virtude da sazonalidade ou devido a condições externas que possam vir a contaminar o manancial, como por exemplo, substâncias tóxicas, e/ou bactérias.

As principais concepções de projetos de ETAs utilizadas no Brasil são: sistema de ciclo completo e filtração direta ascendente ou descendente. As ETAs de ciclo completo são constituídas de: unidades de mistura rápida; flocculadores; unidades de pré-clarificação (decantadores convencionais, decantadores de alta taxa ou flotadores); filtros; unidades de desinfecção; e unidades de correção de pH. Nas unidades de mistura rápida, ocorre a coagulação química, onde são adicionados produtos químicos à água bruta para promover a desestabilização das impurezas. Nos flocculadores (mistura lenta), promove-se agitação suficiente para a formação de flocos a partir de colisões entre as partículas desestabilizadas. A flocculação pode ser realizada em unidades mecanizadas ou hidráulicas. Os flocos formados podem sedimentar nos decantadores ou ser retidos nos flotadores através da ascensão das partículas promovida pela aderência de microbolhas de ar às mesmas. Os decantadores são ditos convencionais quando são grandes tanques de escoamento ou de alta taxa quando neles são empregados anteparos que aceleram a sedimentação das partículas. Os flocos menores, que não foram removidos nas unidades anteriores, são retidos nos filtros através de mecanismos de transporte, aderência e

desprendimento. Os filtros podem operar com escoamento descendente com taxa constante ou taxa declinante variável. Após a clarificação, é promovida a desinfecção da água para a eliminação de microrganismos patogênicos. A correção do pH é a última etapa do tratamento e visa evitar a corrosão ou a incrustação nas canalizações da rede de distribuição de água potável.

Quando não se emprega decantadores ou flotadores no processo de tratamento, a tecnologia pode ser classificada como filtração direta ascendente ou filtração direta descendente. A tecnologia é dita filtração direta ascendente, se a floculação for realizada no sentido ascendente no próprio leito filtrante, não necessitando de unidades anteriores ou posteriores de tratamento. No caso de filtração direta descendente, o processo pode ter as etapas de mistura rápida, floculação e filtração. Segundo DI BERNARDO et al. (2002), as tecnologias de tratamento de água podem ser classificadas conforme Figura 1.

Figura 1 – Tecnologias de tratamento de água (Adaptado de DI BERNARDO et al., 2002)

A ETA pode ser considerada indústria. A matéria prima (água bruta) é beneficiada através de processos e operações nas estações de tratamento de água. Sendo o produto final (água

potável) armazenado (reservatórios) e distribuído (rede de distribuição) à população de acordo com a demanda.

Como toda indústria, as ETAs geram subprodutos. Segundo CORDEIRO (1993), os principais resíduos gerados nas estações têm origem nos decantadores (ou flotadores), nos filtros e nos tanques de preparação de soluções de produtos químicos. ESCOBAR RIVERA (2001) comenta que os resíduos de ETAs são provenientes das descargas dos decantadores convencionais e de alta taxa, do abrandamento com cal e precipitação química, do uso de carvão ativado em pó, das lavagens dos filtros, das descargas e lavagens de áreas de armazenamento e tanques de preparação de produtos químicos, dos gases da regeneração termal de carvão orgânico granulado, das salmouras utilizadas na regeneração de leitos de troca iônica, dos sais da limpeza dos equipamentos empregados nos processos de osmose reversa e da saída de gases de processos de aeração e “air-stripping”.

3.3. Características dos resíduos

Atualmente, os órgãos ambientais estão necessitando de definições, classificações e terminologias aplicáveis aos resíduos de ETAs. Para tanto, é necessário conhecer as características do lodo de ETAs. A quantificação desses resíduos também se faz necessária para avaliar seus possíveis impactos ambientais e dar destino aos mesmos.

Para melhor projetar e operar sistemas de tratamento de lodo é necessário conhecer a fundo seu comportamento e suas propriedades. Um dos parâmetros mais importantes que influenciam as características dos lodos é a concepção do projeto da ETA. Cada configuração produz resíduos com características próprias. O lodo proveniente de tratamento convencional pode representar 3 a 5% do volume afluente à estação. Quando a concentração de sólidos suspensos totais da água bruta é relativamente baixa, se emprega tecnologia de filtração direta, por isso, o lodo proveniente deste tipo de ETA geralmente apresenta menos de 10% da quantidade de sólidos removida nos sistemas de tratamento convencionais (DHARMAPPA et al., 1997).

A Figura 2 ilustra a pontos de geração de lodo nas principais estações brasileiras.

a) Tratamento convencional

b) Filtração direta ou dupla filtração

Figura 2 - Pontos de geração de lodo nas principais ETAs brasileiras

Segundo REALI (1999), qualquer tipo de lodo consiste na combinação entre uma fase sólida com certa quantidade de líquido. Entretanto, esse líquido não se comporta exatamente como a água em seu estado natural. A água se apresenta em diferentes formas físicas, exercendo influência diferenciada nos processos de desaguamento, devido sua influência na retenção de água nos lodos. Os estados físicos da água presente nos lodos podem ser definidos, em ordem crescente de dificuldade de separação, como: água livre, água intersticial ou capilar, água vicinal e água de hidratação. A água livre é a parcela desprendida das partículas sólidas, isto é, que não apresentam nenhum tipo de ligação a elas. A água capilar é a parcela ligada mecanicamente, presa aos interstícios dos flocos. A água vicinal é a parcela firmemente ligada à superfície sólida dos flocos por meio de pontes de hidrogênio. Finalmente, a água de hidratação é a parcela quimicamente ligada à superfície dos flocos.

De acordo com BARBOSA (2000), os resíduos de ETAs são constituídos por materiais removidos da água bruta, por produtos químicos adicionados retidos durante o tratamento e pela própria água que atua como agente transportador destes mesmos resíduos. Geralmente, tais

resíduos apresentam baixa biodegradabilidade, alta concentração de sólidos totais, agentes patogênicos e, eventualmente, metais pesados que podem causar toxicidade à vida aquática.

Tipicamente, os resíduos provenientes de ETAs são constituídos de produtos químicos, matéria inorgânica e algumas bactérias e vírus. Entretanto, no caso dos lodos de ETAs, as características físicas e químicas são as mais importantes. Essas características físico-químicas podem ser agrupadas em duas categorias: as micro-propriedades e macro-propriedades. As micro-propriedades são aquelas que definem as condições do lodo, como: pH, alcalinidade, DQO, estrutura, forma e distribuição do tamanho do floco, densidade e concentração de sólidos, viscosidade, tensão superficial, tipo e qualidade do floco, composição química, compostos orgânicos, entre outros. As macro-propriedades são características relativas à tratabilidade do lodo e são diretamente influenciadas pelas micro-propriedades, como: flotabilidade, resistência específica, compressibilidade, centrifugabilidade, taxa de escoamento, filtrabilidade, capilaridade, entre outras.(DHARMAPPA et al., 1997).

A concentração de sólidos presente nos resíduos depende, principalmente, dos parâmetros de projeto. Segundo GRANDIN (1992), os lodos provenientes de decantadores convencionais, cuja limpeza é realizada manualmente em grandes intervalos de tempo, são mais concentrados que os resíduos provenientes de decantadores de alta taxa, cuja limpeza é realizada através de descargas de fundo em intervalos menores de tempo. Quando a limpeza é realizada mecanicamente, obtém-se concentrações intermediárias.

De acordo com CORNWELL & KOPPERS (1990), quanto maior a quantidade de coagulante aplicada, maior será a concentração de sólidos presentes nos resíduos e, conseqüentemente, maior será o volume descartado, característica do mecanismo de varredura. Quando se trabalha com o mecanismo de adsorção e neutralização de cargas, os flocos gerados são menores e mais densos, sendo mais facilmente desaguáveis.

Quanto às concentrações de sólidos presentes nos resíduos de ETAs, embora o mecanismo de limpeza das unidades interfira significativamente, existem certas tendências: a concentração de sólidos totais é maior nos resíduos provenientes dos decantadores que a gerada nos filtros. Sendo a maior parte destes sólidos inerte, de modo que a relação sólidos voláteis totais/sólidos totais é, geralmente, inferior a 30%. A concentração de sólidos suspensos totais é diretamente proporcional a turbidez da água bruta (ASCE, 1996).

CORNWELL et al. (1987) citam que sólidos suspensos e turbidez, podem ser correlacionados pela equação:

$$SST = b * T \quad (1)$$

* Geralmente, entre 0,7 e 2,2.

De acordo com CARVALHO (2000), as características químicas dos resíduos dependem da qualidade da água bruta, dos produtos químicos utilizados e seus contaminantes, das reações ocorridas durante o processo, da eficiência da ETA e do procedimento de limpeza das unidades. Os principais parâmetros utilizados para caracterizar quimicamente os resíduos são: pH, DQO, DBO, concentração de metais pesados, nitrogênio e fósforo. ASCE (1996) afirma que estas características interferem mais na seleção do método de disposição final e nos estudos de reaproveitamento dos resíduos que nos processos de manejo, adensamento e desaguamento.

Nitrogênio e fósforo são nutrientes que, quando em excesso, contribuem para o processo de eutrofização de mananciais superficiais, principalmente lagos e represas. Embora seja menos comum, a eutrofização pode também ocorrer em rios. A eutrofização é caracterizada pelo crescimento excessivo das plantas aquáticas, a ponto destas prejudicarem os usos desejáveis do corpo hídrico. O nitrogênio presente na água pode ser oriundo de esgoto doméstico e de microrganismos que captam o nitrogênio atmosférico para sintetizar proteínas e outras substâncias orgânicas. A principal fonte de fósforo é o esgoto doméstico, devido à presença de fezes humanas e detergentes. Esgotos industriais e água de drenagem (urbana ou agrícola) também são fontes de nitrogênio e fósforo (VON SPERLING, 2000).

Segundo VAN MIEGROET (1992), a acidez de rios e lagos pode ser influenciada pela presença de nitrogênio e enxofre presentes na água, dependendo da forma, quantidade e de seus ciclos na natureza. De acordo com STEINBERG & WRIGHT (1992), a acidificação é um dos principais tipos de poluição de corpos d'água, em muitas regiões da Europa e do leste da América do Norte, milhares de lagos e rios têm sido prejudicados pelos efeitos da acidificação. A acidificação de mananciais superficiais é atribuída à combinação de fatores naturais e antropogênicos.

A acidificação antropogênica altera os mecanismos de transporte e a concentração de metais nos corpos d'água. A mobilidade de Al, Mn, Be, Cd e Zn aumenta devido a decomposição atmosférica de ácidos. A concentração desses metais aumenta rapidamente com o caimento do

pH, especialmente para valores inferiores a 5. Cu, Hg, e provavelmente Pb estão associados a compostos orgânicos pesados, por isso, as mudanças nos mecanismos de transporte destes metais são relacionados às mudanças na concentração e transporte dos compostos orgânicos resultantes da acidificação (VESLY, 1992).

Segundo NOVOTNY² apud BARROSO (2002), os metais presentes nos corpos d'água podem ser provenientes da decomposição de solos e rochas, da contaminação com esgoto doméstico e resíduos industriais, da água de drenagem de áreas urbanas e de material particulado existente na atmosfera.

Esses metais preexistentes na água bruta juntamente com os metais adicionados na entrada da estação para promover a coagulação, na sua maioria, ficam retidos nos lodos de ETA. Segundo LIU & KAO (2003), muitos parâmetros como pH, potencial redox, razão sólido-líquido e temperatura afetam a extração de metais em resíduos. Sendo o pH o parâmetro mais crítico. Os autores avaliaram a concentração de metais em amostras de lodo contendo altas concentrações de Cu e Pb. As amostras de lodo foram filtradas em membranas e as concentrações dos vários metais presentes foram mensuradas através de espectroscopia de absorção atômica. Através de reatores contendo solução aquosa de amônia, procurou-se extrair Cu e Pb do lodo. Os autores concluíram que o pH 10 era ideal para operar estes reatores e que a concentração de amônia e a razão sólido-líquido, também, afetaram a eficiência do sistema.

De acordo com ANNADURAI et al. (2003), a toxicidade de metais pesados para organismos aquáticos tem sido objeto de estudo de biólogos por muitos anos. Dentre os diferentes tipos de poluição, esgotos industriais constituem a maior fonte de contaminação com metais tóxicos como Cd, Cr, Pb e Cu. Os métodos convencionais de remoção de metais de água são: redução, precipitação, troca iônica, redução eletroquímica e osmose reversa. A maioria destas técnicas é cara e inviável para pequenas comunidades ou pequenas indústrias. Tecnologias alternativas estão sendo pesquisadas e a principal linha de pesquisa é o uso da adsorção. Materiais de baixo custo estão sendo testados como adsorventes de metais. Os autores testaram cascas de banana e laranja como adsorventes para remoção de Cu^{2+} , Zn^{2+} , Co^{2+} , Ni^{2+} e Pb^{2+} de

² NOVOTNY, V. (1995). Diffuse sources of pollution by toxic metals and impact on receiving waters. In: SALOMONS, W.; FORSTER, U.; MADER, P. (Eds). *Heavy metals: Problems and solutions*. Berlin, Germany.

soluções sintéticas. Estas cascas podem ser beneficiadas e convertidas em adsorventes devido sua grande área superficial, capacidade de expansão, excelente resistência mecânica, fácil aplicação e grande potencial de adsorção de contaminantes, como os metais pesados. O uso de cascas de banana e de laranja se mostrou proveitoso na remoção de traços de metais na solução estudada. A adsorção foi favorecida para altos valores de pH, atingindo o nível máximo de adsorção de Pb^{2+} de 7,97 mg/g (banana) e 7,75 mg/g (laranja).

A caracterização microbiológica também é importante para resíduos de ETAs. Estes podem conter agentes causadores de doenças de veiculação hídrica oriundos da água bruta, visto a grande quantidade de mananciais superficiais contaminados por alguma fonte de esgotos. Número mais provável de coliformes totais e fecais são parâmetros utilizados para tal caracterização que indiretamente indicam a potencialidade do resíduo em transmitir doenças.

Na Tabela 1 encontram-se caracterizações de resíduos gerados em ETAs obtidos por CORDEIRO (1993) e ESCOBAR IVERA (2001). Os autores estudaram a ETA São Carlos, que utiliza tecnologia de tratamento de ciclo completo, e a ETA Rio Descoberto, que trata a água com tecnologia de filtração direta descendente, respectivamente. Nota-se grande divergência entre os valores médios apresentados, atribuída, principalmente, às particularidades das tecnologias empregadas.

3.4. Quantidade de resíduos

CORDEIRO (1993) afirma que a quantidade de sólidos sedimentáveis pode inviabilizar o lançamento de lodo de estações de tratamento de água (LETAs), mesmo em cursos d'água de porte médio, porque pode transgredir o artigo 22 da Resolução 20 de 18/06/86 do CONAMA. A emissão de poluentes pode ser classificada como crime ambiental quando causar danos ao meio ambiente, de acordo com os artigos 33 e 54 do capítulo V da Lei 9.605 (12/02/98).

Conforme CORNWELL et al. (1987), a produção de resíduos (sólidos e metais) em uma ETA se dá em função: das características da água bruta afluyente; da dosagem e qualidade dos

produtos químicos utilizados; da eficiência do sistema de tratamento; e do método de remoção (floculação, sedimentação e limpeza) dos resíduos.

Tabela 1 – Características dos resíduos gerados nos decantadores da ETA São Carlos e nos Filtros da ETA Rio Descoberto

Parâmetros	Decantadores da ETA São Carlos**	Filtros da ETA Rio Descoberto*
Turbidez (uT)	-	91,6
Cor (uC)	-	450
pH	6,4	5,8
DQO (mg/L)	5.600	43
Sólidos totais (ST) (mg/L)	30.275	-
Sólidos totais fixos (STF) (mg/L)	22.324	-
Sólidos totais voláteis (STV) (mg/L)	7.951	-
Sólidos suspensos totais (SST) (mg/L)	27.891	101
Sólidos suspensos totais fixos (SSF) (mg/L)	22.034	68
Sólidos suspensos totais voláteis (SSV) (mg/L)	5.857	33
Sólidos sedimentáveis (mg/L)	710	-
Massa específica dos sólidos (g/cm ³)	2,65	-
Nitrogênio total (mg/L) (NTK)	280	-
P-PO ₄ (mg/L)	97,8	-
Coliformes Totais (NMP/100mL)	2,4 x 10 ⁵ -	8,4

Fontes: *ESCOBAR RIVERA (2001) **CORDEIRO (1993)

Os métodos que quantificam a produção de sólidos e metais são: formulações empíricas; análise de balanço de massa; e determinação em campo. Sendo considerado, o balanço de massa, a técnica mais valiosa na avaliação quantitativa dos resíduos gerados em ETAs (CORNWELL et al., 1987).

A Figura 3 ilustra o fluxograma de ETA com tratamento convencional de ciclo completo, considerando-se vazões (Q) e concentrações (C) dos afluentes e efluentes das diversas etapas do tratamento e desprezando-se as perdas por vazamentos nas unidades.

Figura 3 - Fluxograma de ETA com tratamento convencional de ciclo completo (Adaptado de CORDEIRO, 1993)

Observando-se a Figura 3, obtém-se o balanço de massas no decantador (volume de controle):

$$Q_{AB} \times C_{AB} + Q_C \times D_C + Q_{CG} \times D_{CG} + Q_P \times D_P = Q_D \times C_D + Q_F \times C_F + Q_{AT} \times C_{AT} \quad (2)$$

Onde: Q_{AB} – Vazão de água bruta (L/s);

C_{AB} – Concentração de sólidos na água bruta (mg/L);

Q_C – Vazão de cal (L/s);

D_C – Dosagem de cal (mg/L);

Q_{CG} – Vazão de coagulante primário (L/s);

D_{CG} – Dosagem do coagulante primário (mg/L);

Q_P – Vazão de polímero (L/s);

D_P – Dosagem de polímero (mg/L);

Q_D – Vazão de resíduo do decantador (L/s);

C_D – Concentração de resíduo do decantador (mg/L);

Q_F – Vazão de água de lavagem dos filtros (L/s);

C_F – Concentração de sólidos na água de lavagem dos filtros (mg/L);

Q_{AT} – Vazão de água tratada (L/s);

C_{AT} – Concentração de sólidos na água tratada (mg/L).

A quantidade de resíduos gerados nos decantadores (W_D) é:

$$W_D \text{ (mg/s)} = Q_D \times C_D \quad (3)$$

$$W_D \text{ (Kg/dia)} = Q_D \times C_D \times 0,0864 \quad (4)$$

Quando se emprega decantadores convencionais no tratamento da água, este produz lodo com elevada concentração de sólidos, a ponto de não fazer sentido a determinação de sólidos suspensos, cor e turbidez. Para contornar este problema, estima-se indiretamente a carga de sólidos gerada, através da combinação das Eq. 2 e Eq. 4. Obtendo-se a expressão:

$$W_D = (Q_{AB} \times C_{AB} + Q_C \times D_C + Q_{CG} \times D_{CG} + Q_P \times D_P - Q_F \times C_F - Q_{AT} \times C_{AT}) \times 0,0864 \quad (5)$$

Segundo CORDEIRO (1993), a quantificação dos resíduos gerados nos decantadores é parâmetro fundamental na definição do potencial poluente do lançamento desses resíduos nos cursos d'água.

REALI (1999) cita a possibilidade do emprego de diversas fórmulas empíricas para a estimativa dos resíduos resultantes da aplicação do coagulante químico. Na Tabela 2, encontram-se valores teóricos da produção de sólidos devido à adição de produtos químicos no tratamento.

Tabela 2 – Produção teórica de sólidos

Produto químico	g de sólidos produzidos por g de produto químico
Sólidos suspensos (silte)	1,0
Matéria orgânica	1,0
Sulfato de alumínio	0,26 como $Al(OH)_3^*$
Cloreto férrico	0,66 como $Fe(OH)_3^*$
Polímero	1,0
Cal	0,1 como fração insolúvel
Carvão ativado em pó	1,0

* Dependendo da forma de hidratação do sulfato de alumínio ou cloreto férrico

Fonte: Doe apud REALI (1999)

Quanto ao uso de fórmulas empíricas, a literatura propõe diversas fórmulas utilizadas para a estimativa da produção de sólidos em ETAs. KAWAMURA³ (1991) apud REALI (1999)

³ KAWAMURA, S. (1991). *Integrated design of water treatment facilities*. New York, John Wiley & Sons, Inc.

propôs a seguinte expressão para a estimativa da taxa de sólidos secos T_s (g de sólidos por m^3 de água tratada):

a) Para ETAs que utilizam sulfato de alumínio como coagulante:

$$T_s = [\text{Dosagem de sulfato de alumínio } [(mg/L) \times 0,26^*] + [\text{Turbidez da água bruta } (uT) \times 1,5^{**}] \quad (6)$$

* Fator que depende do número de moléculas de H_2O associadas a cada molécula de sulfato de alumínio (usualmente varia entre 0,23 e 0,26);

** Razão entre a concentração de sólidos suspensos totais presentes na água bruta e a turbidez da mesma (geralmente na faixa de 1,0 a 2,0).

b) Para ETAs que utilizam cloreto férrico como coagulante:

$$T_s = [\text{Dosagem de cloreto férrico } [(mg/L) \times 0,66^*] + [\text{Turbidez da água bruta } (uT) \times 1,5^{**}] \quad (7)$$

* Considerado cloreto férrico anidro. Para cloreto férrico hidratado (cristal – $FeCl_3 \cdot 6H_2O$), esse fator é igual a 0,40.

CORNWELL et al. (1987) propõem as seguintes equações:

$$S = Q \times (4,89 \times Al + SS + A) \quad (8)$$

$$S = Q \times (2,88 \times Fe + SS + A) \quad (9)$$

Onde: S – Produção de sólido seco (Kg/dia);

Q – Vazão de água bruta (m^3 /dia);

Al – Dosagem de sulfato de alumínio (mg/L);

Fe – Dosagem de cloreto férrico (mg/L);

SS – Concentração de sólidos suspensos da água bruta (mg/L);

A – Produtos químicos adicionados (mg/L).

Aplicando-se a Eq. 5 em relação a concentração de sólidos suspensos totais afluente e efluente ao decantador, e estimando-se a contribuição da adição de produtos químicos na produção de sólidos (M_{PQ}), obtém-se a expressão:

$$W_D = [(SST_{AB} \times Q_{AB} - SST_{AD} \times Q_{AD}) \times 0,0864] + M_{PQ} \quad (10)$$

Onde: W_D – Quantidade de sólidos gerada nos decantadores (kg/dia);

SST_{AB} – Concentração de sólidos suspensos totais da água bruta (mg/L);

Q_{AB} - Vazão média de água bruta do dia (L/s);

M_{PQ} – Contribuição da adição de produtos químicos na produção de sólidos (Kg/dia);

SST_{AD} - Concentração de sólidos suspensos totais da água decantada (mg/L);

Q_{AD} - Vazão média de água decantada do dia (L/s).

Aplicando-se o mesmo conceito aos filtros (volume de controle) da estação, obtém-se:

$$W_F = Q_F \times C_F \times 0,0864 \quad (11)$$

$$W_F = (SST_{AD} \times Q_{AD} - SST_{AT} \times Q_{AT}) \times 0,0864 \quad (12)$$

Onde: W_F – Quantidade de sólidos gerada nos filtros (kg/dia);

Q_F – Vazão de água de lavagem dos filtros (L/s);

C_F – Concentração de sólidos na água de lavagem dos filtros (mg/L);

SST_{AD} – Concentração de sólidos suspensos totais da água decantada (mg/L);

Q_{AD} - Vazão média de água decantada do dia (L/s);

SST_{AT} - Concentração de sólidos suspensos totais da água tratada (mg/L);

Q_{AT} - Vazão média de água tratada do dia (L/s).

Tomando um volume de controle igual a ETA, pode-se estimar a produção de sólidos no tratamento:

$$W_T = W_D + W_F \quad (13)$$

$$W_T = [(SST_{AB} \times Q_{AB} - SST_{AT} \times Q_{AT}) \times 0,0864] + M_{PQ} \quad (14)$$

Onde: W_T – Quantidade diária de sólidos retida no tratamento (kg/dia);

W_D – Quantidade de sólidos gerada nos decantadores (kg/dia);

W_F – Quantidade de sólidos gerada nos filtros (kg/dia);

SST_{AB} – Concentração de sólidos suspensos totais da água bruta (mg/L);

Q_{AB} - Vazão média de água bruta do dia (L/s);

M_{PQ} – Contribuição da adição de produtos químicos na produção de sólidos;

SST_{AT} - Concentração de sólidos suspensos totais da água tratada (mg/L);

Q_{AT} - Vazão média de água tratada do dia (L/s).

As equações apresentadas são ferramentas que podem auxiliar os gerentes das ETAs a avaliar o desempenho da estação, bem como, ponderar o potencial impactante de seus resíduos gerados.

3.5. Produtos químicos utilizados no tratamento de água

Os principais produtos químicos empregados nos sistemas de tratamento são: coagulantes metálicos e polímeros sintéticos ou naturais para desestabilização das partículas; desinfetantes para promover a barreira sanitária final contra microrganismos patogênicos; flúor para o combate à carie; e alcalinizantes para correções de pH. PARSEKIAN (1998) verificou que o consumo de produtos químicos está diretamente relacionado à qualidade do manancial, quanto pior a qualidade, maior a quantidade de produtos empregados no seu tratamento.

Os produtos químicos empregados no tratamento de água para abastecimento devem obedecer a Normas elaboradas pela ABNT as quais expressam o grau de pureza que o produto deve possuir. COSTA (1997) observou falta de critérios na escolha do coagulante empregado em ETAs. De acordo com os estudos desenvolvidos por PARSEKIAN (1998), em 91% das empresas de água visitadas, o parâmetro predominante na aquisição de produtos químicos foi o menor preço. A autora verificou ainda que, 56% das empresas realizavam o controle dos produtos químicos, mas eram analisados apenas alguns dos parâmetros contidos no edital de licitação.

A falta de critérios na escolha dos produtos químicos pode levar à aquisição de produtos de baixa qualidade, refletido na quantidade de impurezas. De acordo com BARROSO (2002), tais impurezas podem afetar a qualidade final da água tratada e, também, as características dos resíduos gerados. O autor observou a ocorrência de Ni, Zn, Mn e Fe na água tratada, possivelmente, proveniente dos produtos químicos empregados no tratamento.

Segundo CORNWELL & KOPPERS (1990), estudos realizados apontaram que quase todo o cromo, cobre e chumbo e 78% do zinco presentes nos resíduos de estações de tratamento de água poderiam ser provenientes dos produtos químicos utilizados.

FRANCI; LIMA & PASSAMANI⁴ apud BARROSO (2002) afirmam que cobre, zinco, mercúrio, cádmio, cromo, níquel e chumbo representam um grupo de poluentes que requer atenção especial pois, não são degradados biologicamente ou quimicamente de forma natural, principalmente em ambientes terrestres e em sedimentos aquáticos. Ao contrário, permanecem em ciclos biogeoquímicos globais nos quais as águas naturais são seus principais meios de condução.

CORDEIRO (1993) analisou cinco amostras de sulfato de alumínio, coagulante usado na ETA São Carlos, e identificou a presença de contaminantes nas amostras. Dentre os elementos encontrados, destacam-se os metálicos: Cu, Mn, Fe, Zn e Pb. O autor alerta que a grande maioria dos gerentes de ETAs pouco sabem sobre a qualidade dos produtos químicos empregados. Se tais impurezas não forem retidas no sistema de tratamento, a população pode está sendo submetida a água com quantidades de metais fora dos padrões admissíveis.

3.6. Lançamento de resíduos em corpos hídricos

Historicamente, os lodos gerados em estações de tratamento de água eram lançados em mananciais próximos ou na rede coletora de esgotos com pouco ou nenhum tipo de tratamento. Atualmente, esta prática está caindo em desuso. Porém, algumas ETAs continuam lançando seus resíduos em corpos hídricos. CORDEIRO (1993) relata que, o fato da maioria das estações de tratamento de água lançarem seus efluentes em corpos receptores mais próximos, sem nenhum tratamento, favorece o aumento da poluição e contribuem para crescente degradação do meio ambiente.

O impacto ambiental causado por lançamentos de resíduos em corpos hídricos depende de sua intensidade. Os resíduos jogados diretamente nos rios podem afetar os lençóis d'água que

⁴ FRANCI, R.; LIMA, M.R.P.; PASSAMANI, F.R.F. (2000). *Características físico-químicas e microbiológicas do lodo de lagoas*. In: FRANCI, R. (Coord.). *Gerenciamento do lodo de lagoas de estabilização não mecanizadas*. Projeto PROSAB, Rio de Janeiro: ABES, 95p.

formam as nascentes. O excesso de resíduos funciona como um escudo para a luz do sol, afetando o leito dos rios e seu ciclo biológico, prejudicando plantas e animais que nele vivem.

Estudos realizados em ETAs no Estado de São Paulo por PARSEKIAN (1998) mostram que dez das onze estações visitadas lançavam, em cursos de água próximos, os resíduos gerados nos decantadores e filtros. Estas ETAs podem estar infringindo a legislação de controle de emissão de poluentes. Segundo KAGGWA et al. (2001), o efeito ambiental localizado de tais descargas incluem: aumento dos sólidos suspensos e turbidez do corpo receptor, criação de depósitos de lodo e aumento das concentrações de ferro e alumínio. A crescente preocupação e a regulamentação têm restringido ou proibido essa disposição.

Em estudo de caso efetuado por CORDEIRO (1993), o autor julgou os resíduos da ETA São Carlos como poluentes, pois o lançamento de tais resíduos contrariou a Resolução 20 do CONAMA em relação aos seguintes parâmetros: sólidos sedimentáveis, ferro, cobre, chumbo, manganês e níquel.

Explorar a capacidade autodepurativa dos corpos hídricos não é uma alternativa desejável, porém é prática válida, desde que sejam tomados os devidos cuidados com a carga a ser lançada, para que as condições ambientais preexistentes, a jusante do ponto de lançamento, não sofram grandes alterações. Esta prática tem sido questionada por órgãos ambientais devido aos riscos à saúde e ao meio ambiente.

No Brasil na década de 90, estimava-se que cerca de 2.000 toneladas de sólidos oriundos de ETAs eram lançadas em corpos hídricos sem nenhum tratamento. O grande problema é o lodo proveniente de decantadores convencionais utilizados em tecnologia de ciclo completo. Tal resíduo possui, normalmente, concentrações de sólidos superiores a 2,5%, podendo provocar alterações consideráveis no corpo receptor. Entretanto, por ser considerado “resíduo sólido”, este não poderia ser disposto em corpos d’água. CORDEIRO (1999).

3.7. Tratamento e destino final dos resíduos

O destino final dos resíduos gerados nas ETAs é uma preocupação mundial, devido ao crescimento da conscientização ambiental. As autoridades estão pressionando a indústria da água à adoção de técnicas seguras de disposição de lodos. De acordo com ESCOBAR RIVERA (2001), a redução do volume gerado é o primeiro passo a ser adotado no tratamento dos resíduos, devido aos custos envolvidos no transporte e disposição desse material. Atualmente, procura-se deixar o lodo com 20 a 40% de sólidos.

O tratamento visa minimizar os impactos ambientais e atender aos padrões de emissão estabelecidos pelas agências reguladoras. Segundo REALI (1999), a redução do volume promovida pelo tratamento é importante porque os custos envolvidos no transporte do resíduo final, torta de lodo, dependem da distância entre a ETA e o local da disposição. Além disso, quando o destino da torta é o aterro sanitário, a torta deve atender as restrições quanto à umidade máxima permitida para recebimento.

Embora existam diversos métodos de tratamento e de disposição final de resíduos de ETAs, tais métodos não podem ser generalizados devido a inexistência de composição típica para os mesmos. O grau de tratamento necessário para esses resíduos depende do método de disposição final, da qualidade desejada para o recirculado e dos padrões de lançamento nos cursos de água ou na rede coletora de esgotos. Os tratamentos utilizados consistem basicamente na redução do percentual de água contido nos mesmos, tornando-os mais concentrados, reduzindo seu volume (CARVALHO, 1999).

RICHTER (2001) afirma que uma das tarefas mais difíceis para o serviço de água é a definição do tratamento e destino final para o lodo de ETA, o que envolve custo de transporte e restrições ao meio ambiente. Segundo DHARMAPPA et al. (1997), os sistemas de tratamento e disposição final de lodos podem ser agrupados em seis categorias: espessamento, condicionamento, desidratação mecânica, secagem, reciclagem e disposição final. Geralmente, os sistemas de espessamento aumentam a concentração de sólidos a valores inferiores a 10%. A desidratação mecânica produz torta de lodo com concentração de sólidos entre 10 e 30%, tais tortas apresentam características de semi-sólidos. Com o emprego dos sistemas de secagem, consegue-se tortas de lodo com concentrações mais elevadas, 30 a 60%. A Figura 4 ilustra os

processos alternativos para tratamento e disposição final de lodos. HOPPEN et al. (2003) citam a incineração, a fabricação de cimento e a fabricação de tijolos como alternativas para o destino final dos resíduos de ETAs.

CORDEIRO (2001) alerta que são poucas as ETAs do estado de São Paulo que adotam algum tipo de tratamento ao lodo gerado. O autor cita a ETA Taiatopeba na RMSP, que possui sistema de lagoas para remoção de água de lodo, embora não funcione adequadamente. E a ETA de Rio Claro que efetua a disposição dos lodos em lagoas e o sobrenadante gerado é decantado e removido pela parte superior da lagoa. Os sólidos retidos são deixados para secar e, posteriormente removidos.

Figura 4 – Alternativas para tratamento e disposição de lodos (Adaptado de DHARMAPPA et al., 1997)

A ETA Fonte Luminosa de Araraquara despeja seus resíduos na rede coletora de esgotos da cidade sem qualquer tratamento prévio. Tal prática consiste no modo mais barato de disposição final de lodo. SCALIZE (2003) analisou os efeitos causados por tais lançamentos através de ETE piloto composta de lagoa de aeração seguida por lagoa de sedimentação. Baseado no estudo, o autor concluiu que o lançamento dos resíduos da ETA Fonte Luminosa não comprometem o funcionamento da ETE de Araraquara desde que seja feita a equalização dos volumes gerados na ETA a fim de minimizar possíveis problemas.

De acordo com DHARMAPPA et al. (1997), a técnica de desaguamento de lodo mais empregada na Austrália é o leito de secagem por ser seguro, de fácil operação e de baixo custo. Entretanto, requer grandes áreas para implantação. Os autores conseguiram melhorar o tempo de secagem do lodo através da adição de polímeros, aumentando a taxa de drenagem e, conseqüentemente, promovendo a redução da unidade de tratamento.

Segundo REALI (1999), a recirculação, ou aproveitamento, da água de lavagem de filtros é uma alternativa economicamente interessante. Esses resíduos contém concentrações relativamente baixas de sólidos suspensos e representam uma parcela significativa do volume de resíduos gerado diariamente. A recirculação pode ser realizada com ou sem etapa prévia de clarificação em unidades de sedimentação.

Sejam quais forem os produtos químicos e a tecnologia de tratamento empregados na ETA, devem ser realizados estudos verificando a viabilidade das diversas alternativas. Para que possa ser escolhido o sistema de tratamento e de disposição de lodo adequado ao caso, que seja economicamente viável.

Além das características dos resíduos gerados e da tecnologia disponível, as leis que regulamentam a disposição desses resíduos exercem influência significativa nos custos de construção e operação do sistema de tratamento, podendo limitar a seleção de opções de tratamento disponíveis (KOORSE, 1993).

3.8. Evolução histórica da administração das águas do Brasil.

A partir do século XX, o Brasil passou a se preocupar mais com o gerenciamento dos recursos hídricos, fato este, refletido na criação de normas, leis, decretos e instituições reguladoras. Neste tópico, procurou-se ilustrar a evolução histórica da administração das águas do Brasil. Os principais pontos seguem abaixo:

- Criação da Diretoria de Águas (1933), que se tornou o Serviço de Águas;

- Decreto Nº 24.643, de 10/07/1934 – Criação do Código de Águas. Que propôs uma legislação mais adequada à época, de acordo com as necessidades e interesses da coletividade nacional, permitindo o poder público controlar e incentivar o aproveitamento industrial das águas;
- Decreto Nº 6.402, de 28/10/1940, pelo Regimento do Departamento Nacional da Produção Mineral – Transformou o Serviço de Águas em Divisão de Águas;
- Criação do departamento Nacional de Obras de Saneamento (DNOS) em 1940 - Tinha a missão de desenvolver obras e serviços complementares de saneamento básico, além de ações para conter enchentes, drenar áreas insalubres e canalizar córregos e rios urbanos;
- Lei Nº 4.904, de 17/12/1965 – Transformou a Divisão de Águas do Departamento Nacional da Produção Mineral em Departamento Nacional de Águas e Energia (DNAE). Esta lei dispôs sobre a organização do Ministério das Minas e Energia;
- Decreto Nº 63.951, de 31/12/1968 – Alterou a denominação do órgão para Departamento Nacional de Águas e Energia Elétrica (DNAEE);
- Início da criação dos órgãos estaduais do meio ambiente (1973). SEMA. – Secretária Estadual do Meio Ambiente;
- Lei Nº 6.938, de 31/08/1981 – Dispõe sobre a Política Nacional do Meio Ambiente, seus Fins e Mecanismos de Formulação e Aplicação, e dá outras Providências;
- Resolução CONAMA Nº 20, de 18/06/1986 – Estabelece a classificação das águas doces, salobras e salinas no território nacional em nove classes, segundo seus usos preponderantes;
- Nova Constituição Brasileira (1988), estabelecendo o Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos;
- Lei Nº 7.804, de 18/07/1989 - Criação do IBAMA;
- Extinção do DNOS (1990);
- Medida Provisória Nº 813, de 01/01/1995 – Criação da Secretária de Recursos Hídricos;
- Lei Nº 9.074, de 07/07/1995 – Estabelece normas para outorga e prorrogações das concessões e permissões de serviços públicos;

- Lei Nº 9.433, de 08/01/1997 – Institui a Política Nacional de Recursos Hídricos e cria o Conselho Nacional de Recursos Hídricos e o Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos;
- Lei Nº 9.605, de 12/02/1998 – Rege os crimes ambientais. Dispõe sobre as sanções penais e administrativas derivadas de condutas e atividades lesivas ao meio ambiente, e dá outras providências;
- Decreto Nº 2.612, de 03/06/1998 – Regulamenta o Conselho Nacional de Recursos Hídricos, e dá outras providências;
- Lei Nº 9.984, de 17/07/2000 – Dispõe sobre a criação da Agência Nacional de Águas - ANA, entidade federal de implementação da Política Nacional de Recursos Hídricos, integrante do Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos, estabelecendo regras para a sua atuação, sua estrutura administrativa e suas fontes de recursos;
- Decreto Nº 3.692, de 19/12/2000 – Dispõe sobre a instalação, aprova a Estrutura Regimental e o Quadro Demonstrativo dos Cargos Comissionados e dos Cargos Comissionados Técnicos da Agência Nacional de Águas – ANA, e dá outras providências;
- Decreto Nº 4.613, de 11 de março de 2003 – Regulamenta o CNRH, e dá outras providências;
- Medida Provisória Nº 165, de 11/02/2004 – Dispõe sobre o contrato de gestão entre a Agência Nacional de Águas e as entidades delegatárias das funções de Agência de Água nos termos do art. 51 da Lei Nº 9.433, de 08/01/1997, e dá outras providências;

Percebe-se certa carência na legislação brasileira sobre a regulamentação dos resíduos oriundos de ETAs, embora tais resíduos sejam considerados fonte poluidora. Cabendo às autoridades aplicar as penalidades administrativas previstas na Lei Nº 9.605, de 12/02/1998, lei de crimes ambientais, subsidiada com definições complementares de normas e resoluções. De acordo com seu grau de cumplicidade, a responsabilidade do crime pode recair em qualquer membro administrativo da empresa, que, sabendo da conduta criminosa de outrem, deixar de impedir a sua prática quando poderia evitá-la.

3.9. Legislação brasileira para manejo e disposição de resíduos de estações de tratamento de água

A poluição se tornou problema mundial. O gerenciamento ambiental adquiriu prioridade máxima para governos, empresas e indivíduos de todo o planeta. Segundo CORDEIRO (1993), para que se possa estabelecer o possível impacto ambiental e quais as prováveis ações corretivas a serem adotadas é fundamental a prática do gerenciamento dos corpos hídricos no seu sentido mais amplo, isto é, desde a captação de água, passando pela ETA, levando em conta todas suas variáveis e insumos, finalizando nas condições de lançamento e preservação dos corpos hídricos de acordo com seus usos pretendidos. Segundo o autor, sem o gerenciamento, qualquer postura adotada pode ser meramente especulativa, sem suporte legal para a solução do problema.

No Brasil, embora alguns órgãos estaduais de controle ambiental estabeleçam normas para a disposição de resíduos de estações de tratamento de água, o problema é o não cumprimento destas normas e a falta de fiscalização em muitos estados da união.

Em São Paulo, a Lei Estadual Nº 997 de 31/05/76, que dispõe sobre o controle da poluição do meio ambiente, proíbe o lançamento ou liberação de poluentes nas águas, no ar ou no solo. Este documento considera poluição do meio ambiente a presença, o lançamento ou a liberação, nas águas, no ar ou no solo, de toda e qualquer forma de matéria ou energia, com intensidade, em quantidade, de concentração ou com características em desacordo com as que forem estabelecidas em decorrência desta Lei, ou que tornem ou possam tornar as águas, o ar ou solo: I - impróprios, nocivos ou ofensivos à saúde; II - inconvenientes ao bem estar público; III - danosos aos materiais, à fauna e à flora; V - prejudiciais à segurança, ao uso e gozo da propriedade e às atividades normais da comunidade.

O Conselho Estadual de Política Ambiental (COPAM) procura formular e coordenar a política estadual de proteção e conservação do meio ambiente e de gerenciamento dos recursos hídricos e articular as políticas de gestão dos recursos ambientais, visando ao desenvolvimento sustentável no Estado de Minas Gerais. Segundo CORDEIRO (1993), através da Deliberação Normativa COPAM Nº 10, de 16/12/1986, estabelece normas e padrões para qualidade das águas, lançamento de efluentes nas coleções de água. A deliberação impõe condições de: pH,

temperatura, materiais sedimentáveis, vazão de lançamento, óleos e graxas, materiais flutuantes, DBO, DQO e tipos de sólidos em suspensão.

A Superintendência Estadual do Meio Ambiente do Ceará (SEMACE) apresenta uma proposta de revisão da Portaria SEMACE Nº 097 de 03 de abril de 96, "que dispõe sobre as condições para lançamento dos efluentes líquidos gerados em qualquer fonte poluidora". O Art. 4º da referida proposta estabelece que: qualquer fonte poluidora, incluindo as indústrias, localizadas em áreas não dotadas de Rede Pública de Esgoto provida de Sistema de Tratamento, deverá adotar Estação de Tratamento Própria, de maneira a enquadrar seus despejos líquidos aos padrões discriminados no mesmo artigo, bem como atender aos padrões de qualidade dos cursos de água estabelecidos em função de sua classificação, segundo seus usos preponderantes.

A Resolução CONAMA Nº 20, de 18/06/1986, estabelece também padrões de emissão, através da fixação de valores máximos de concentrações de diversas substâncias, que devem ser obedecidos durante o lançamento de efluentes nos corpos d'água. De acordo com o Art. 23, tais lançamentos não podem conferir ao corpo receptor características em desacordo com o seu enquadramento. doces, salobras e salinas no território nacional em nove classes, segundo seus usos preponderantes. Segundo RAMOS *et al.* (1993), as dificuldades na aplicação da Resolução CONAMA 20/86 resultam, em grande parte, da não consideração da natureza aleatória das vazões nos corpos hídricos receptores, visto a grande diversificação de ecossistemas existentes no país.

De acordo com a Lei Nº 9.605, de 12/02/1998, os lançamentos de resíduos de ETAs podem ser considerados crimes ambientais se: provocar, pela emissão de efluentes ou carreamento de materiais, o perecimento de espécimes da fauna aquática existentes em rios, lagos, açudes, lagoas, baías ou águas jurisdicionais brasileiras (Art. 33); e, causar poluição de qualquer natureza em níveis tais que resultem ou possam resultar em danos à saúde humana, ou que provoquem a mortandade de animais ou a destruição significativa da flora (Art. 54).

A NBR 10.004 de setembro de 1987 classifica os resíduos de ETAs como "resíduos sólidos", portanto devem ser tratados e dispostos conforme exigência dos órgãos reguladores. Esta norma classifica resíduos sólidos quanto aos seus riscos potenciais ao meio ambiente e à saúde pública, para que estes resíduos possam ter manuseio e destinação adequados.

Segundo a NBR 10.004 apud CORDEIRO (1993): “Resíduos no estado sólido e semi-sólido que resultam de atividades da comunidade de origem industrial, doméstica, hospitalar, comercial, agrícola, de serviços e de varrição. Ficam incluídos nessa definição, os lodos provenientes de sistema de tratamento de água, aqueles oriundos em equipamentos e instalações de controle de poluição, bem como determinados líquidos cujas peculiaridade tornem inviável o seu lançamento na rede pública de esgotos ou corpos d’água, ou exigem para isso, soluções técnicas e economicamente inviáveis em face a melhor tecnologia disponível”. Outra definição relevante é: “Os resíduos perigosos são caracterizados por: inflamabilidade, corrosividade, radioatividade, **toxicidade e patogenicidade**”. Nessa norma, os resíduos de ETAs podem ser classificados como resíduos perigosos, pois são potencialmente tóxicos e patogênicos. Porém, classificar todos os resíduos de ETA como perigosos pode ser um empecilho ao seu tratamento ou disposição final, devido aos altos custos que podem ser exigidos às soluções, o que pode ocasionar o não cumprimento das determinações da norma. O ideal seria a elaboração de uma legislação não generalizada que permitisse considerar caso a caso.

Em 1992, o BSI desenvolveu a primeira norma para o sistema de gestão ambiental, BS 7750. Este conceito foi adotado internacionalmente e em 1996 foi a criação da série de normas ISO 14000, que auxilia as empresas a demonstrar o seu comprometimento com o desenvolvimento sustentável. Com a ISO 14000, a empresa passa a ter melhor controle ambiental, maiores benefícios financeiros resultantes da redução de gastos com energia e redução dos desperdícios e aumento das oportunidades no mercado.

Segundo IBICT (2004), a série de normas ISO 14000 foi desenvolvida em resposta à demanda mundial por uma gestão ambiental mais confiável, onde o meio ambiente foi introduzido como uma variável importante na estratégia dos negócios, e foi estruturada basicamente em duas grandes áreas: a primeira com foco nas organizações empresariais e outra com foco nos produtos e serviços. Nesta segunda área, destaca-se a Avaliação do Ciclo de Vida (ACV), que é um método de avaliação de produtos e serviços, que considera os aspectos ambientais em todas as suas diferentes fases, desde a extração de matérias-primas, passando pela produção, transporte, embalagem, consumo, até a disposição final dos resíduos.

De acordo com a ISO 14000, a ACV deve conter quatro fases: definição do objetivo e escopo, análise do inventário, avaliação do impacto do ciclo de vida e interpretação da avaliação do ciclo de vida. A Figura 5 ilustra as fases que compõem a ACV.

Figura 5 – Fases da ACV (Adaptado de IBICT, 2004)

FRIEDRICH (2002) empregou o método ACV para avaliar a produção de água potável em ETAs da África do Sul, seguindo o procedimento metodológico proposto pela série de normas ISO 14000 e analisando as fases construtiva, operacional e de desativação das ETAs. Os impactos avaliados foram: consumo de recursos (renováveis e não renováveis), aquecimento global, depleção da camada de ozônio, acidificação, balanço de nutrientes, formação de oxidantes, ecotoxicidade e toxicidade humana. O autor concluiu que o estágio operacional é a fase que mais consome matéria e energia e que mais produz impacto ambiental. A construção da ETA é o segundo estágio mais importante, porém muito menos impactante. E a desativação da ETA, o estágio que menos causaria impacto. A maior sobrecarga ambiental traçada para produção de água potável foi o consumo de eletricidade. As operações que mais despenderam energia foram a ozonização e a disposição do lodo. Uma das medidas sugeridas foi a otimização de todos os processos, tornando-os mais eficientes energeticamente. Uma segunda opção seria, se possível, dar outro destino ao lodo gerado, como: disposição no solo/agricultura ou reuso na indústria. Porém tal ação deveria ser incluída na ACV.

4. PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

4.1. Introdução

O estudo foi realizado na Estação de Tratamento de Água Fonte Luminosa, localizada no município de Araraquara em São Paulo.

Escolheu-se a ETA Fonte Luminosa, para estudo de caso, a fim de dar continuidade ao estudo “Problemática dos metais nos resíduos gerados no tratamento de água” iniciado por BARROSO (2002). O autor estudou o processo de tratamento de água da ETA São Carlos, os resíduos gerados nos decantadores e filtros e o caminhamento e forma dos metais (Al, Cu, Cd, Cr, Fe, Mn, Ni, Zn e Pb) nas diversas etapas do tratamento. As principais diferenças entre as duas estações são: o tipo de coagulante e o tipo de decantação empregada, que requerem procedimentos diferentes para limpeza dos decantadores. Na ETA São Carlos, é utilizado sulfato de alumínio como coagulante primário e os decantadores são ditos convencionais, isto é, acumulam lodo por um grande período de tempo, no caso meses. Porém, na ETA Fonte Luminosa, além do processo de coagulação ser realizado por meio de adição de cloreto férrico, os descartes dos decantadores são diários, devido à decantação em alta taxa. Os resultados obtidos por BARROSO (2002) são comparados com os obtidos nesta pesquisa (capítulo 5), contribuindo-se assim para maior entendimento sobre a problemática dos resíduos gerados em estações de tratamento de água.

4.2. Etapas de trabalho

O trabalho foi dividido em três etapas. A Figura 6 ilustra o fluxograma da fase experimental do trabalho.

Figura 6 – Fluxograma da fase experimental do trabalho

4.2.1. Caracterização da ETA Fonte Luminosa (1ª Etapa)

Na primeira etapa, foi realizada a caracterização física e operacional da ETA Fonte Luminosa. Foram levantados dados históricos da água afluyente à estação, da água tratada, dos produtos químicos empregados no tratamento e dados operacionais da estação. As informações foram obtidas a partir de relatórios elaborados pelo DAAE/Araraquara.

4.2.2. Caracterização qualitativa da água nas diversas etapas do tratamento (2ª Etapa)

As amostras de água foram compostas segundo a Tabela 3. Todos os parâmetros determinados encontram-se nas Tabelas A11, A12, A13, A14 e A15 do Apêndice. Eram coletados volumes (1L) de água bruta, água coagulada, água decantada, água filtrada e água tratada três vezes ao dia.

Tabela 3 – Datas das composições das amostras de água da ETA Fonte Luminosa.

Amostras	Data	Hora		
		1ª coleta	2ª coleta	3ª coleta
1	01/set/03	08:00	12:00	16:00
2	01 e 02/set/03	20:00	24:00	04:00
3	08/set/03	08:00	12:00	16:00
4	22/set/03	08:00	12:00	16:00
5	07/out/03	08:00	12:00	16:00
6	13/out/03	08:00	12:00	16:00
7	13 e 14/out/03	20:00	24:00	04:00
8	20/out/03	08:00	12:00	16:00
9	03/nov/03	16:00	20:00	24:00
10	04/nov/03	04:00	08:00	12:00
11	10/nov/03	08:00	12:00	16:00
12	17/nov/03	08:00	12:00	16:00
13	24/nov/03	08:00	12:00	16:00

Para realização deste trabalho, foram adotadas as seguintes simplificações nos dias de coleta:

- Como a estação possui dois módulos de tratamento, considerou-se que estes são operacionalmente iguais, que as vazões tratadas em cada módulo são semelhantes, desconsiderando-se qualquer possível imperfeição na divisão das vazões;
- Cada decantador possui quatro válvulas de descarte. Considerou-se que todas as válvulas descartam a mesma vazão e com a mesma concentração de resíduos;
- Considerou-se que as lavagens realizadas nos seis filtros são semelhantes, que a concentração de resíduos é a mesma para cada unidade;

- Finalmente, que o volume dos resíduos gerados durante a preparação dos produtos químicos empregados no tratamento são desprezíveis, diante seu pequeno volume quando comparado ao volume descartado nos decantadores e filtros.

Caso tais simplificações não sejam verdade, a estimativa da produção de sólidos poderá ser superestimada, se as unidades analisadas forem caminhos preferenciais da água na ETA.

Para caracterizar a água na estação, optou-se por compor amostras em períodos de 12 horas. Nesse tempo, foi coletado, em intervalos de 4 horas, 1 litro de água em cada ponto de análise. A Figura 7 mostra a localização dos pontos de coleta de água da ETA Fonte Luminosa.

Figura 7 – Localização dos pontos de coleta da ETA Fonte Luminosa

Considerando-se as unidades do tratamento de água da estação como volume de controle para a realização do balanço de massa: coletou-se amostras de água bruta de uma ramificação da adutora, água coagulada na entrada dos floculadores, água decantada no canal que alimenta os filtros, água filtrada no vertedor de saída do filtro e água tratada no reservatório final. A Tabela 4 lista os pontos de coleta de água. A Fotografia 1 ilustra: a) alguns dos pontos coletados e; b) o procedimento de composição das amostras ao longo do dia.

Tabela 4 – Pontos de coleta de água.

Pontos	Local
A1 – água bruta	Ramificação da adutora
A2 - água coagulada	Entrada dos floculadores
A3 - água decantada	Canal de alimentação dos filtros
A4 - água filtrada	Vertedor de saída dos filtros
A5 - água tratada	Reservatório de água tratada

a) Pontos (A1, A2, A3, A4 e A5) **b) composição das amostras****Fotografia 1 – Fotos de alguns dos pontos coletados (A1, A2, A3, A4 e A5) e do procedimento de composição das amostras ao longo do dia.**

Com estes pontos, fez-se o balanço de massa de sólidos na água. Analisou-se a água bruta para se saber quais as impurezas já existentes, as quais deveriam ser removidas. Após a adição da cal e do coagulante, analisou-se a água coagulada para identificar a contribuição de tais produtos químicos na produção de resíduos. Avaliou-se a água decantada e a água filtrada para determinar a concentração das impurezas que deixaram o sistema e ficaram detidas nos decantadores e filtros, respectivamente. Finalmente, analisou-se o final do sistema, isto é, a água tratada para saber se os produtos químicos (flúor e o dióxido de cloro) aplicados no final do tratamento continham impurezas. Estes pontos foram definidos desconsiderando a existência de zonas mortas, correntes preferenciais e/ou de qualquer outro tipo de perturbação hidráulica.

A Tabela 5 lista os parâmetros determinados para cada coleta, realizados no laboratório da própria estação na hora em que eram coletadas.

Tabela 5 – Parâmetros determinados em cada coleta de água realizada.

Parâmetro	Método
pH	Eletrométrico – SM 4500H ⁺ B
cor	Espectrofotométrico – 2120 C
Turbidez	Nefelométrico – 2130 B

Na Tabela 6, encontram-se os parâmetros determinados nas amostras compostas de água, realizadas no laboratório de Saneamento da Universidade Federal de São Carlos.

Tabela 6 – Parâmetros determinados nas amostras compostas de água

Parâmetro	Método
Sólidos Totais (ST)	Gravimétrico – 2540 B
Sólidos Totais Fixos (STF)	Gravimétrico – 2540 E
Sólidos Totais Voláteis (STV)	Gravimétrico – 2540 E
Sólidos Suspensos Totais (SST)	Gravimétrico – 2540 D
Sólidos Suspensos Totais Fixos (SSTF)	Gravimétrico – 2540 E
Sólidos Suspensos Totais Voláteis (SSTV)	Gravimétrico – 2540 E

Foram compostas e analisadas 13 amostras para cada tipo de água. Todos os ensaios e análises foram efetuados de acordo com a APHA/AWWA/WEF (1998).

4.2.3. Caracterização das amostras dos resíduos gerados nos decantadores e filtros (2ª Etapa)

As amostras foram compostas de acordo com a Tabela 7. Todos os parâmetros determinados encontram-se na Tabela A16 e A17 do Apêndice.

4.2.3.1. Coletas de amostras de água de descarte dos decantadores

A análise da água de descarte dos decantadores foi realizada a partir de amostras compostas. Para caracterizar o volume descartado, adotou-se que os resíduos gerados nos dois decantadores eram idênticos em todas as suas variáveis, e distribuídos homogeneamente, isto é, que a amostra coletada em qualquer válvula representaria todo o volume dos decantadores. Como

a operação de descarte era realizada manualmente, instruía-se o auxiliar de operação que realizasse o descarte normalmente para que a coleta fosse representativa.

Tabela 7 – Datas das composições das amostras dos resíduos da descarga de fundo dos decantadores e da lavagem dos filtros da ETA Fonte Luminosa.

Amostras	Data	Amostras	Data
D1	01/set/03	F1	01/set/03
D2	08/set/03	F2	08/set/03
D3	22/set/03	F3	22/set/03
D4	09/out/03	F4	07/out/03
D5	20/out/03	F5	20/out/03
D6	03/nov/03	F6	03/nov/03
D7	10/nov/03	F7	10/nov/03

Coletaram-se amostras de 1 litro em diversos intervalos de tempo enquanto durava a descarga de fundo. O tempo total de descarte de cada decantador era de, aproximadamente, 15 a 20min, porém cada válvula de descarte ficava aberta por, aproximadamente, 3 a 4min. A Fotografia 2 ilustra as amostras das descargas dos decantadores coletadas em 15, 30, 90, 120, 150 e 180s após o início do procedimento de descarte. A partir destas, obtinham-se as amostras compostas diárias que representavam o volume total descartado.

Fotografia 2 – Amostras do descarte dos decantadores em diversos intervalos de tempo (15, 30, 90, 120, 150 e 180s)

4.2.3.2. Cálculo do volume de água descartado nos decantadores

O cálculo do volume descartado nos decantadores foi realizado de forma indireta. Depois de dado início ao procedimento de descarga, mensurou-se o tempo em que a água parava de

verter nas calhas do decantador, devido à variação da altura da lâmina d'água provocada pelo procedimento de limpeza. Encontrou-se o volume dispendido no descarte, multiplicando-se o tempo mensurado pela metade da vazão afluente à ETA no momento do procedimento. Pois a vazão é dividida na calha Parshal.

4.2.3.3. Coletas de amostras de água de lavagem dos filtros

Semelhante ao procedimento adotado na análise de resíduos gerados nos decantadores, a análise da água de lavagem dos filtros foi realizada a partir de amostras compostas. Para caracterizar o volume de lavagem, adotou-se que os resíduos gerados nos seis filtros eram idênticos em todas as suas variáveis, e distribuídos homogeneamente, isto é, que a amostra coletada em qualquer canal de água representaria todo o volume dos filtros.

Coletaram-se amostras de 1 litro em diversos intervalos de tempo enquanto durava a lavagem dos leitos dos filtros. A Fotografia 3 ilustra as amostras da água de lavagem dos filtros coletadas em 15, 30, 60, 90, 120, 150, 180, 210, 240 e 270s após o início do procedimento de lavagem. A partir destas, obtinham-se as amostras compostas diárias que representavam o volume total de lavagem.

Fotografia 3 - Amostras da água de lavagem dos filtros em diversos intervalos de tempo (15, 30, 60, 90, 120, 150, 180, 210, 240 e 270s)

4.2.3.4. Forma de análise das amostras

Os parâmetros determinados para cada coleta de amostras de descarte dos decantadores e água de lavagem dos filtros se encontram na Tabela 8. Estas determinações foram realizadas no laboratório da ETA Fonte Luminosa.

Tabela 8 – Parâmetros determinados em cada coleta de amostras de descarte dos decantadores e água de lavagem dos filtros.

Parâmetro	Método
pH	Titulação potenciométrica – SM 4500H+ B
cor	Espectrofotométrico – 2120 C
Turbidez	Nefelométrico – 2130 B

Na Tabela 9, encontram-se os parâmetros determinados nas amostras compostas de descartes dos decantadores e água de lavagem dos filtros. Estas determinações foram realizadas no laboratório de Saneamento da Universidade Federal de São Carlos. Algumas determinações de NTK, PT e DQO foram realizadas no laboratório da ETA Fonte Luminosa.

Todos os ensaios e análises foram efetuados de acordo com APHA/AWWA/WEF (1998).

Tabela 9 – Parâmetros determinados nas amostras compostas de descartes dos decantadores e água de lavagem dos filtros água

Parâmetro	Método
Sólidos Totais (ST)	Gravimétrico – 2540 B
Sólidos Totais Fixos (STF)	Gravimétrico – 2540 E
Sólidos Totais Voláteis (STV)	Gravimétrico – 2540 E
Sólidos Suspensos Totais (SST)	Gravimétrico – 2540 D
Sólidos Suspensos Totais Fixos (SSTF)	Gravimétrico – 2540 E
Sólidos Suspensos Totais Voláteis (SSTV)	Gravimétrico – 2540 E
Fosfato Total (PT)	Espectrofotômetro 4500 - P
Nitrogênio Total (NTK)	Kjeldahl – 4500 N _{org} B e espectrofotômetro
Demanda Química de Oxigênio (DQO)	Hach (Refluxo Fechado) - 5220 D

4.2.3.5. Cálculo da carga de sólidos retida nos decantadores e filtros

As quantidades de sólidos retidas nos decantadores e filtros foram calculadas a partir de dois métodos. Primeiramente, mensurou-se diretamente a quantidade através das concentrações de sólidos suspensos totais das amostras coletadas e dos volumes diários descartados.

O segundo método foi a estimativa do volume gerado através da realização do balanço de massas. O balanço de massas no decantador foi realizado a partir do emprego da Eq. 10, discutida na revisão bibliográfica. Como os descartes dos decantadores eram realizados praticamente no mesmo período e no início do dia, optou-se por utilizar os dados do dia anterior a coleta no emprego dos termos da Eq. 10. Pois, teoricamente, os sólidos retidos nas unidades foram retidos nas últimas 24 horas. A vazão utilizada foi calculada a partir do volume de água bruta afluyente do dia anterior a coleta.

A estimativa da contribuição da adição de cal e coagulante, na produção de sólidos, também foi feita a partir da quantidade desses insumos empregada no dia anterior. Como será visto no Capítulo 5, é aplicado cal virgem e cloreto férrico comercial líquido no tratamento. Na cal, a concentração de óxido de cálcio do produto empregado é de 90%. Segundo a Tabela 2, para cada grama de cal empregado, 0,1 g de fração insolúvel é formado. No caso do cloreto férrico, a concentração da solução (massa/massa) é de 40% e a reação de formação do precipitado pode ser simplificada segundo a Eq. 15. Nota-se que para cada grama de $\text{FeCl}_3 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ empregado, forma-se 0,4 g de precipitado.

Resumindo-se, admitiu-se que: para cada g de cal aplicado, formava-se 0,09 g de precipitado e que, para cada g de coagulante aplicado, formava-se 0,16 g de precipitado.

4.2.4. Avaliação da ocorrência de metais ao longo do tratamento e nos resíduos dos decantadores e filtros (3ª Etapa)

As coletas da terceira etapa do trabalho foram realizadas no período de abril a agosto de 2004. Foram realizadas 6 campanhas (M1, M2, M3, M4, M5 e M6) de coleta de água e resíduos de decantadores e filtros. Para cada campanha, foram coletadas amostras de 1 litro de água nos

pontos indicados na Tabela 4 e amostras compostas de 1 litro de água de descarte dos decantadores e de lavagem dos filtros obtidas de acordo com os procedimentos descritos no item 4.2.3. Todas as amostras foram preservadas com pH inferior a 2 e condicionadas em frascos de vidro escuro. O pH foi diminuído com a adição de ácido nítrico concentrado.

No Laboratório de Saneamento da EESC/USP, foram realizadas as digestões ácidas para abertura de amostras para análise de metais, de acordo com APHA/AWWA/WEF (1998). O procedimento foi realizado da seguinte forma:

- Transferiu-se 100mL da amostra preservada para um *erlemmeyer*;
- Adicionou-se 24mL de ácido nítrico (HNO_3 1:1);
- Levou-se as amostras à chapa aquecedora. Deixou-se evaporar até quase secar (redução de volume até aproximadamente 20mL);
- Esperou-se esfriar;
- Adicionou-se 40ml de ácido nítrico (HNO_3 1:1);
- Novamente na chapa aquecedora, reduziu-se o volume até aproximadamente 20mL;
- Esperou-se esfriar;
- Adicionou-se 40ml de ácido clorídrico (HCl 1:1) e 60ml de água destilada;
- Mais uma vez na chapa aquecedora, reduziu-se o volume até aproximadamente 20mL;
- Esperou-se esfriar;
- Filtrou-se a amostra digerida;
- Dilui-se a amostra filtrada com água destilada, retornando ao volume inicial de 100mL. Um reagente branco foi digerido como a amostra.

Devido a problemas no espectrofotômetro de absorção atômica do laboratório de saneamento da EESC/USP, as análises dos metais presentes nas amostras foram realizadas no laboratório do Núcleo de Estudos de Ecossistemas Aquáticos (CRHEA/SHS/CRHEA/USP). Este imprevisto ocasionou o adiamento desta fase. A Tabela 10 enumera os metais analisados nas amostras de água e nos resíduos dos decantadores e filtros.

Tabela 10 – Metais analisados nas amostras de água e nos resíduos dos decantadores e filtros.

Metais	Método
Fe, Cd, Zn, Ni, Cu, Pb, Cr e Mg	Absorção atômica - 3110

Na realização desta fase, além do problema do aparelho de absorção atômica do Laboratório de Saneamento da EESC/USP, não foi possível a determinação das concentrações de Al, As, Hg, Ag, Se e Mn devido a limitações encontradas no laboratório do Núcleo de Estudos de Ecossistemas Aquáticos (CRHEA/SHS/CRHEA/USP). A presença ou não destes metais na água tratada e nos resíduos é de grande importância, visto que estes são metais potencialmente danosos à população e ao meio ambiente que já foram detectados nos produtos químicos empregados na ETA Fonte Luminosa.

5. RESULTADOS E DISCUSSÃO

5.1. Caracterização da ETA Fonte Luminosa (Araraquara/SP)

A cidade de Araraquara possui duas ETAs, que são administradas pelo DAAE/Araraquara. A Estação de Tratamento de Água Fonte Luminosa (Fotografia 4) é a principal.

Fotografia 4 – Foto da fachada da ETA Fonte Luminosa.

A ETA Fonte Luminosa foi projetada com dois conjuntos de floculação, cada um com quatro câmaras em série, dois decantadores com módulos tubulares e seis filtros de taxa constante. Nessa época, operava com vazão da ordem de 300 L/s e utilizava sulfato de alumínio como coagulante primário.

Na década de 80, a ETA sofreu ampliação e passou a operar com vazão nominal de 500 L/s. Posteriormente, os seis filtros passaram a funcionar segundo princípio da taxa declinante, e o

meio filtrante simples de areia foi substituído por meio filtrante duplo de areia e antracito, recebendo também nova camada suporte.

Na década de 90, devido a presença excessiva de ferro e manganês na água dos mananciais, o sulfato de alumínio foi substituído pelo cloreto férrico.

5.1.1. Tecnologia de tratamento

Com capacidade de tratamento de 600 L/s, esta estação capta águas superficiais nos ribeirões Cruzes e Anhumas. Diariamente, realiza limpeza nos decantadores e filtros. Os resíduos são lançados na rede coletora de esgotos da cidade.

A ETA Fonte Luminosa é do tipo convencional, operando com tecnologia de tratamento do tipo ciclo completo, isto é, possui unidade de mistura rápida, floculação, decantação, filtração, desinfecção, fluoretação e correção de pH.

A estação é composta por dois módulos de tratamento. A Fotografia 5 ilustra algumas unidades da estação. Após passar pela Calha Parshal que funciona como unidade de mistura rápida, a vazão de água é dividida. Cada módulo possui:

- Um floclador com quatro câmaras ($4 \times 4 \times 4 \text{ m}^3$). Inicialmente, a estação foi projetada para ter conjuntos de floculação hidráulica e mecanizada, porém, atualmente, os agitadores estão desativados, tornando a floculação puramente hidráulica;
- Um decantador ($18,60 \times 8,20 \times 4,50 \text{ m}$) de alta taxa com anteparos tubulares e taxa de aplicação superficial de $151 \text{ m}^3/\text{m}^2\text{-dia}$;
- Três filtros ($4,75 \times 7,41$) rápidos de fluxo descendente. Operados com taxa declinante e meio filtrante de antracito e areia com $35,20 \text{ m}^2$ de área filtrante por unidade.

a) Calha Parshal

b) Floculadores

c) Decantador

d) Filtros

Fotografia 5 – Unidades que compõem a ETA Fonte Luminosa.

5.1.2. Vazões operacionais

A Figura 8 ilustra o perfil da vazão diária afluyente à ETA Fonte Luminosa. A estação opera com vazão mínima, cerca de 200 L/s, durante as primeiras horas do dia e após as 23:00h. Entre 8:00 e 9:00h, são ligadas todas as bombas para que se trabalhe próximo à vazão máxima operacional, cerca de 520L/s, período que é dada a descarga de fundo dos decantadores. A vazão máxima é mantida geralmente até o meio dia, em alguns casos, estende-se ao período da tarde. Do meio dia às 23:00h, opera-se próximo da vazão média, 350 L/s aproximadamente. A Figura 9 mostra o perfil típico das vazões diárias captadas dos mananciais que alimentam a ETA Fonte Luminosa. As águas do rio Anhumas são utilizadas somente para atingir a vazão máxima. Durante todo o dia opera-se com as águas do rio Ribeirão das Cruzes. A Figura 10 mostra o perfil da vazão média mensal afluyente a ETA Fonte Luminosa no ano de 2003.

Figura 8 – Perfil da vazão diária afluyente a ETA Fonte Luminosa.

Figura 9 – Perfil típico das vazões diárias captadas dos mananciais que alimentam a ETA Fonte Luminosa.

Figura 10 – Perfil da vazão média mensal afluyente a ETA Fonte Luminosa.

5.1.3. Produtos químicos

Os produtos químicos empregados no tratamento são: cloreto férrico comercial líquido como coagulante primário, cal virgem para correção de pH, cloro gasoso para desinfecção e flúor. Quando a turbidez da água bruta se apresenta elevada, é realizada pré-cloração com dióxido de cloro obtido a partir de ácido clorídrico e clorito de sódio.

A cal é adicionada a água bruta na entrada da estação. Quando a água chega ao canal da Calha Parshal, seu pH já está elevado (superior a 8). Neste canal são aplicados: o dióxido de cloro, quando necessário, e o cloreto férrico. A dosagem do coagulante é baseada no ábaco desenvolvido a partir do diagrama de coagulação do cloreto férrico na água afluyente à estação, obtido de ensaios em jarrestes para diferentes valores de pH da água e dosagens do coagulante. Nos reservatórios, é adicionado cloro para promover a desinfecção da água filtrada e flúor para atender ao Padrão de Potabilidade fixado pelo Ministério da Saúde, através da Portaria N.º 518 de 25/03/2004.

A ETA Fonte Luminosa elabora mensalmente relatórios sobre o funcionamento da estação. A Tabela 11 expõe a quantidade de produtos químicos despendida no ano de 2003. A Tabela A1 do Anexo enumera os parâmetros controlados na qualidade dos produtos químicos empregados.

Tabela 11 – Quantidade de produtos químicos despendida no ano de 2003.

Produto químico	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez
Cloro gasoso (ton)	3,97	3,60	4,00	3,97	3,58	3,88	3,60	3,32	3,80	4,40	4,50	-
Ácido fluossilícico (ton)	3,86	3,91	4,30	3,77	4,13	4,23	3,75	4,15	4,06	4,60	4,30	-
Cal (ton)	19,04	22,60	23,00	20,00	22,72	22,25	21,38	25,52	22,10	26,10	27,80	25,74
Cloreto férrico (ton)	52,49	45,43	48,20	42,58	48,87	44,16	39,78	30,81	38,05	43,30	47,20	69,88
Ácido clorídrico (ton)	1,47	3,10	3,20	1,53	3,30	1,54	1,16	3,25	3,33	0	0	-
Clorito de sódio (ton)	1,60	3,30	3,40	1,67	3,58	1,42	1,26	3,53	3,62	0	0	-

Fonte: DAAE (2003)

A Figura 11 ilustra o perfil do consumo de cloreto férrico e cal na estação nos anos de 2001, 2002 e 2003. Os valores estão disponíveis nas Tabelas A3, A5 e A7 do Anexo. Percebe-se que o período de menor consumo de cloreto férrico é entre junho e setembro de cada ano, período

caracterizado por poucas chuvas. A chuva aumenta a quantidade de partículas da água ocasionando um consumo maior de coagulante, como será visto adiante.

Figura 11 – Consumo de coagulante e cal nos anos de 2001, 2002 e 2003 na ETA Fonte Luminosa (Fonte: DAAE 2003).

5.1.4. Limpeza dos decantadores e filtros

Geralmente, a limpeza dos decantadores é realizada uma vez ao dia no período da manhã por meio de descarga de fundo. Uma segunda limpeza no final do dia, só ocorre quando a qualidade da água bruta afluente à estação piora, por exemplo, quando chove e a turbidez da água bruta aumenta devido ao arraste de sólidos. Cada decantador possui quatro pontos de descarga. Estes pontos possuem três válvulas que são abertas manualmente. O tempo de descarga dura cerca de 15 a 20 minutos por decantador e é controlado pelo auxiliar de operação da estação que abre as válvulas de fundo dos decantadores e espera o resíduo clarificar. Quando o líquido apresenta-se com coloração mais clara, o funcionário fecha as válvulas.

Os filtros são lavados pelos operadores da estação que observam a carreira de filtração. Lava-se o filtro com o leito mais colmatado quando o nível da água atinge o máximo previsto. Inicialmente, é feita insuflação de ar durante 1 minuto, seguida de lavagem com água no sentido ascensional por três minutos. O processo é automático cabendo aos operadores apenas selecionar o filtro a ser lavado e dar início à operação. Esta automação foi implantada no decorrer da

pesquisa. Antes, o processo de lavagem dos filtros era semelhante ao processo de descarga dos decantadores, isto é, controlado manualmente e baseado na aparência da água.

5.1.5. Volumes produzidos

De acordo com os relatórios mensais da ETA Fonte Luminosa, a Tabela 12 mostra a produção de água no ano de 2003. Os volumes produzidos nos anos de 2001 a 2003 encontram-se nas Tabelas A2, A4 e A6 do Anexo.

Tabela 12 - Produção de água na ETA Fonte Luminosa no ano de 2003.

	jan	fev	mar	abr	mai	jun	jul	ago	set	out	nov	dez
Volume aduzido	772.349	754.495	845.703	804.524	868.537	888.852	866.329	852.316	881.345	998.695	911.418	916.791
Volume descartado nos decantadores	18.782	13.445	15.384	14.774	19.776	20.560	15.472	14.258	16.268	19.956	20.521	20.565
Volume tratado	753.567	741.050	830.319	789.750	848.761	868.292	850.857	838.058	865.077	978.739	890.897	896.226
Volume utilizado na limpeza dos filtros	25.440	21.740	24.240	23.400	25.260	24.360	28.500	29.720	29.960	29.380	25.390	24.580
Volume distribuído por caminhão tanque	1.670	1.693	1.660	2.173	1.768	2.044	3.321	3.321	2.351	2.077	4.698	-
Volume total distribuído	726.457	717.617	804.419	764.177	821.733	841.888	819.036	805.017	832.766	947.282	860.809	-
Volume gasto na limpeza dos decantadores e filtros	44.222	35.185	39.624	38.174	45.036	44.920	43.972	43.978	46.228	49.336	45.911	45.145

Obs: Valores em m³; Fonte: DAAE (2003).

Analisando a Tabela 12, observa-se que, em média, no ano de 2003, 3,1% da água tratada na estação foram utilizados na lavagem dos filtros e 5,0% do volume aduzido para a estação foram utilizados para descartar os resíduos retidos no tratamento. Nos meses de julho a setembro de 2003, meses de menor consumo de cloreto férrico, os volumes mensais médios descartados nos decantadores foram os menores registrados no ano.

5.1.6. Dados operacionais da ETA Fonte Luminosa

As características da água bruta afluyente à estação variam ao longo do dia. Porém, para simples visualização, a Figura 12 ilustra a variação da média dos valores máximos e mínimos diários de turbidez apresentados pela água bruta no decorrer de 2003. 79% dos valores observados ficaram abaixo de 50uT, 13% ficaram entre 50 e 100uT, 5% entre 100 e 200uT e 3% acima de 200uT. Vale ressaltar que a turbidez chegou a superar 600uT no dia 04 de dezembro de 2003. Os valores medidos máximos e mínimos de cor e turbidez registrados ao longo de 2001, 2002 e 2003, encontram-se nas Tabelas A8, A9 e A10 do Anexo. Nos meses sem chuva, os valores são baixos e a amplitude é pequena. Comparando-se o gráfico de turbidez (Figura 12) com o de consumo de coagulante (Figura 11), nota-se que nos meses de menor turbidez, o consumo de cloreto férrico é menor.

Figura 12 – Variação da média dos valores máximos e mínimos diários de turbidez da água bruta ao longo do ano de 2003 na ETA Fonte Luminosa.

Na ETA, a variação (valor máximo e mínimo) de turbidez da água bruta é registrada todos os dias. A Figura 13 mostra a máxima e a mínima variação (amplitude) mensal de turbidez da água bruta afluyente a ETA Fonte Luminosa registrada no ano de 2003. A Figura 12 e a Figura 13 deixam evidente a importância do monitoramento contínuo da dosagem de coagulante a ser aplicado na água bruta, pois a turbidez pode variar muito em um dia e permanecer praticamente

constante no outro. Vale-se ressaltar a pequena amplitude registrada entre os meses de junho e setembro de 2003; a turbidez desse período permaneceu praticamente constante.

Figura 13 – Máxima e mínima amplitude diária de turbidez da água bruta registrada no ano de 2003 na ETA Fonte Luminosa.

Qualquer que seja a qualidade da água afluenta à estação, esta tem que fornecer água potável à população. A Tabela 13 reporta a média dos valores máximos e mínimos diários de cada parâmetro controlado nos reservatórios (R1 e R2) para garantir a qualidade da água tratada pela estação. Os valores medidos em 2003 encontram-se na Tabela A10 do Anexo.

Tabela 13 – Média dos valores máximos e mínimos diários de turbidez, concentração de cloro e flúor da água tratada na ETA Fonte Luminosa em 2003.

Mês	Turbidez (uT)		Cloro (mg/L)		Flúor (mg/L)	
	R1	R2	R1	R2	R1	R2
jan	0,5	0,4	1,0	1,0	0,8	0,8
fev	0,4	0,3	1,0	1,0	0,8	0,7
mar	0,3	0,3	1,0	1,0	0,8	0,8
abr	0,3	0,3	0,9	1,0	0,8	0,7
mai	0,3	0,2	0,9	1,0	0,7	0,7
jun	0,4	0,3	1,0	1,0	0,8	0,7
jul	0,4	0,4	0,9	1,1	0,8	0,7
ago	0,6	0,5	1,0	1,0	0,8	0,7
set	0,6	0,6	1,0	1,0	0,7	0,8
out	0,7	0,6	1,0	1,0	0,8	0,8
nov	0,5	0,4	1,1	1,2	0,7	0,7
dez	0,6	0,5	1,1	1,1	0,7	0,8

Obs: R1 – Reservatório 1; R2 – Reservatório 2; Fonte: DAAE (2003).

A maioria dos valores está dentro dos limites estabelecidos pelo Padrão de Potabilidade do Ministério da Saúde que fixa a turbidez máxima de 1uT e o teor máximo de 2mg/L para o cloro residual em qualquer ponto da rede de distribuição.

5.2. Amostras de água

5.2.1. Ocorrência de sólidos ao longo do tratamento

As variações da concentração de sólidos na água ao longo do tratamento foram analisadas através da: Figura 14 que mostra a variação da concentração de sólidos totais; Figura 15 que ilustra a variação da concentração de sólidos suspensos totais; e Figura 16 que apresenta variação da concentração de sólidos dissolvidos totais. As determinações das concentrações de sólidos das amostras 2 e 13 não foram realizadas devido a problemas no laboratório.

Figura 14 – Variação da concentração de sólidos totais ao longo do tratamento.

Observando a Figura 14, nota-se o aumento na concentração de sólidos totais na água coagulada, devido à adição de cal e cloreto férrico à água bruta. Após passar pelos decantadores, a concentração diminui devido à remoção das partículas sedimentáveis. A retenção de partículas nos filtros diminui ainda mais a concentração de sólidos totais na água. Porém, nota-se leve

acréscimo na concentração de sólidos totais na água devido o aumento da concentração de sólidos dissolvidos.

Figura 15 - Variação da concentração de sólidos suspensos totais ao longo do tratamento.

Figura 16 - Variação da concentração de sólidos dissolvidos totais ao longo do tratamento.

Analisar sólidos suspensos em amostras de água de abastecimento é relativamente questionável. A concentração de sólidos suspensos em água filtrada e tratada é muito baixa, sendo necessário filtrar grandes volumes de amostra. Além disso, o método, por si só, está sujeito a erros, na preparação e pesagem das cápsulas. Porém, o parâmetro fornece boa visão da ocorrência deste tipo de sólidos na água ao longo do tratamento. Nota-se que o aumento da concentração de sólidos suspensos totais na água coagulada devido à adição de cal e coagulante é bem significativo. A redução da concentração após a passagem pelos decantadores, também, é

bem evidenciada. Característica do tipo de tratamento realizado em estações de ciclo completo nas quais a coagulação é realizada objetivando a grande formação de flocos para sua posterior remoção nos decantadores. Devido às dificuldades mencionadas, não foi possível determinar a concentração de sólidos suspensos totais na maioria das amostras de água filtrada e tratada. Porém, as poucas concentrações determinadas indicaram redução nas concentrações deste tipo de sólidos. Esta baixa concentração é função da retenção das partículas remanescente dos decantadores nos filtros. A adição de cloro e flúor não exerce influência representativa na concentração de sólidos suspensos totais na água.

A Figura 16 mostra que, semelhante à concentração de sólidos suspensos totais, a adição de cal e cloreto férrico aumenta a concentração de sólidos dissolvidos totais na água. Porém, os decantadores e filtros pouco interferem na remoção deste tipo de sólido. A concentração de sólidos dissolvidos totais permaneceu praticamente constante na maioria das amostras após estas unidades operacionais, observou-se pequeno aumento ao final do tratamento.

A adição de cal e coagulante promove o aumento das concentrações de sólidos dissolvidos totais e principalmente, sólidos suspensos totais. Os decantadores e filtros retêm os sólidos suspensos totais, mas pouco influenciam na concentração de sólidos dissolvidos totais. A adição de flúor e cloro pouco interferem na concentração dos sólidos.

A Figura 17 ilustra a variação percentual de sólidos suspensos totais (SST) e sólidos dissolvidos totais (SDT) na água ao longo do tratamento (AB – água bruta, AC – água coagulada, AD – água decantada, AF – água filtrada e AT – água tratada), evidenciando a eficiência de remoção de sólidos suspensos. Os decantadores retêm grande parte deste tipo de sólidos e após ser filtrada, praticamente, não há ocorrência de sólidos suspensos na água.

Embora percentualmente a concentração de sólidos suspensos seja pequena em relação à presença de sólidos dissolvidos, há maior preocupação na remoção da fração suspensa devido à possibilidade de serem veículos de agentes patogênicos.

Figura 17 - Variação percentual dos sólidos suspensos totais (SST) e sólidos dissolvidos totais (SDT) ao longo do tratamento na ETA Fonte Luminosa.

A Figura 18 ilustra a turbidez e a Figura 19 a cor aparente da água ao longo do tratamento. A legenda indica a amostra e a hora coletada. Todos os valores determinados encontram-se na Tabela A12 do Apêndice.

Figura 18 – Variação da turbidez da água ao longo do tratamento.

Figura 19 – Variação da cor aparente da água ao longo do tratamento.

Observando-se a Figura 15, a Figura 18 e a Figura 19, percebe-se que a turbidez e a cor aparente são indicadores da presença de sólidos suspensos na água, além de serem parâmetros de determinação fácil. Sendo a turbidez melhor indicada, pois está mais relacionada com partículas suspensas.

5.2.2. Avaliação da qualidade da água ao longo da estação

A Tabela 14 reporta a remoção de turbidez e acréscimo de sólidos totais (ST) na ETA Fonte Luminosa observada nas amostras coletadas entre a água bruta e a água tratada.

Tabela 14 – Remoção de turbidez e acréscimo de sólidos totais (ST) na ETA Fonte Luminosa.

Amostras	Remoção Turbidez (%)	Acréscimo ST (%)
3	95	35
4	96	38
5	96	39
6	99	12
7	98	13
8	97	16
9	99	20
10	98	67
11	99	14

De acordo com a Tabela 14, o tratamento é bastante eficiente na remoção de turbidez. Porém, há acréscimo na concentração de sólidos totais. Provavelmente, grande parte desse acréscimo é proveniente da adição de produtos químicos. Por isso, é de fundamental importância o controle da qualidade dos produtos utilizados. Quaisquer possíveis impurezas contidas nestes, capazes de se solubilizar, podem fluir pelo tratamento sem serem retidos e atingir a população. BARROSO (2002) observando o aumento da concentração de SDT na água após o tratamento na ETA São Carlos, alertou para a possibilidade de serem metais dissolvidos ressolubilizados, a parcela acrescida. Embora a concentração de metais presentes nos produtos químicos empregados esteja de acordo com as especificações exigidas em lei (Tabela A1 do Anexo), a análise da ocorrência de metais a ser estudada é relevante à caracterização destas impurezas. Outra possibilidade seria a contaminação da água devido alguma deformidade das unidades, porém esta hipótese é bem menos provável.

5.2.3. Ocorrência de metais na água

Na Tabela A18 do Apêndice encontram-se os valores das concentrações de Fe, Cd, Zn, Ni, Cu, Pb, Cr e Mg mensurados nas amostras de água. Não foi possível a determinação das concentrações de Al, As, Hg, Ag, Se e Mn devido a limitações encontradas no laboratório do Núcleo de Estudos de Ecossistemas Aquáticos (CRHEA/SHS/CRHEA/USP).

5.2.3.1. Ferro

A Figura 20 ilustra a concentração de Fe observada ao longo da ETA Fonte Luminosa.

Figura 20 – Concentrações de Fe ao longo da ETA Fonte Luminosa.

O Fe é um elemento abundante na natureza e, por isso, é comum sua ocorrência na água bruta. Nota-se retenção gradativa da alta concentração de Fe, provocado pela adição do coagulante, ao longo das unidades de tratamento. As campanhas de coleta M5 e M6 foram realizadas nos meses de julho e agosto, respectivamente, período em que se empregam menores dosagens de coagulante devido à qualidade da água bruta que apresenta baixa turbidez. As concentrações de Fe na água tratada estão dentro do limite estabelecido pelo Padrão de Potabilidade (Portaria N.º 518, 25/03/2004, MS), que é de 0,3mg/L. Águas com concentrações de ferro acima de 0,3 mg/L mancham louças sanitárias e roupas quando da sua lavagem.

5.2.3.2. Cádmio e cobre

Os métodos analíticos empregados não detectaram a presença de Cd e Cu nas amostras.

5.2.3.3. Níquel

A Figura 21 ilustra a concentração de Ni observada ao longo da ETA Fonte Luminosa.

Figura 21 – Concentrações de Ni ao longo da ETA Fonte Luminosa.

Nas coletas M2, M3 e M4, o surgimento de Ni na água da ETA Fonte Luminosa ocorreu após a adição de coagulante e cal. Percebe-se que a remoção desse metal não foi significativa nas unidades de tratamento (decantadores e filtros). A Portaria N.º 518 (25/03/2004) do Ministério da Saúde não estabelece limites para Ni. As concentrações de Ni na água tratada estão acima o teor máximo (0,025 mg/L) permitido em águas naturais estabelecido pela Resolução 20 do CONAMA. Não foi detectada a presença de Ni nas coletas M5 e M6. De acordo com a Tabela A1 do Anexo, este metal não é controlado nos ensaios de qualidade dos produtos químicos, que são as prováveis fontes deste metal.

5.2.3.4. Chumbo

A Figura 22 ilustra a concentração de Pb observada ao longo da ETA Fonte Luminosa.

Figura 22 – Concentrações de Pb ao longo da ETA Fonte Luminosa.

Por ser um metal que tem efeito cumulativo no organismo, seu controle é fundamental. Pela Figura 22 não se pode identificar a origem da presença de Pb na água. Apesar de não ser um elemento comum nas águas naturais, a amostra M2 apresentou concentração de Pb. Como não foi detectada a presença de Pb na água coagulada, sugere-se a realização de estudos complementares sobre a composição das placas de PVC empregadas nos decantadores para promover a sedimentação dos flocos. Estas placas podem estar liberando Pb na água. Nas coletas M5 e M6, as concentrações de Pb se mostraram maiores, embora a quantidade de coagulante empregada no tratamento neste período tenha sido reduzida em relação aos meses anteriores, indicando que a contaminação de Pb pode ser realmente devido às placas existentes nos decantadores.

Vale salientar que, de acordo com a Tabela A1 do Anexo, nos meses de setembro e outubro de 2003, foram observadas presenças de chumbo no cloreto férrico empregado na ETA. Tal parâmetro não é controlado na cal empregada. As amostras de ácido fluossilícico empregado na fluoretação da água tratada, também apresentaram traços de Pb. Nota-se relativo acréscimo desse metal ao final do tratamento. As concentrações de Pb na água tratada estão bem acima dos limites estabelecido pelo Padrão de Potabilidade (Portaria N.º 518, 25/03/2004, MS), que é de 0,01mg/L.

5.2.3.5. Cromo total

A Figura 23 ilustra a concentração de cromo total observada ao longo da ETA Fonte Luminosa.

Figura 23 – Concentrações de cromo total ao longo da ETA Fonte Luminosa.

Nota-se remoção efetiva do cromo total afluente a ETA nas unidades de tratamento (decantadores e filtros), porém observa-se, também, acréscimo desse metal ao final do tratamento. As amostras de ácido fluossilícico empregado na fluoretação da água tratada, também apresentaram traços de cromo total (Tabela A1, anexo). Algumas concentrações de cromo total na água tratada (M3 e M4) estão bem acima dos limites estabelecidos pelo Padrão de Potabilidade (Portaria N.º 518, 25/03/2004, MS), que é de 0,05mg/L.

5.2.3.6. Zinco

A Figura 24 ilustra a concentração de Zn observada ao longo da ETA Fonte Luminosa.

Após a adição do coagulante e da cal, observou-se baixas concentrações de zinco nas coletas M5 e M6 que se mantiveram até o final do tratamento da água. Porém, tais concentrações estão bem abaixo do limite estabelecidos pelo Padrão de Potabilidade (Portaria N.º 518, 25/03/2004, MS), que é de 5 mg/L.

Figura 24 – Concentrações de Zn ao longo da ETA Fonte Luminosa.

5.2.3.7. Magnésio

O magnésio, depois do cálcio, é o principal responsável pela dureza das águas. A Figura 25 ilustra a concentração de Mg observada ao longo da ETA Fonte Luminosa.

Figura 25 – Concentrações de Mg ao longo da ETA Fonte Luminosa.

Nota-se pequeno acréscimo de Mg após a adição de coagulante e cal, este apresenta óxidos de magnésio em sua composição segundo Tabela A1 do Anexo. Percebe-se que a remoção desse metal não foi significativa nas unidades de tratamento. As concentrações de Mg na água tratada estão acima de 0,1 mg/L. A Portaria N.º 518 (25/03/2004) do Ministério da Saúde não estabelece limites para Mg.

5.3. Resíduos da descarga de fundo dos decantadores e da lavagem dos filtros

A principal diferença entre estações de tratamento de água com decantadores de alta taxa e estações com decantadores convencionais é o tempo de retenção de sólidos sedimentados. Isso influencia diretamente na qualidade destes resíduos. ETAs com decantadores convencionais acumulam resíduos por dias ou meses, enquanto ETAs com decantadores de alta taxa retêm os sólidos por questão de horas. Os resíduos gerados em decantadores convencionais são conhecidos como lodo, por serem bastante densos. Porém, os resíduos de decantadores com alta taxa de sedimentação são semelhantes aos gerados nos filtros, isto é, possuem concentração bem menor de sólidos.

5.3.1. Sólidos

A Figura 26 ilustra a variação percentual de sólidos suspensos totais (SST) e sólidos dissolvidos totais (SDT) nas amostras de água de descarte dos decantadores e água de lavagem dos filtros. Possíveis erros na determinação das concentrações de SST das amostras D1 e F1, podem ter causado a discrepância na porcentagem de sólidos observada, pois a turbidez dessas amostras foi elevada (Tabelas A16 e A17, apêndice). As demais amostras possuíram média de 70% de SST.

Figura 26 - Variação percentual dos sólidos suspensos totais (SST) e sólidos dissolvidos totais (SDT) nas amostras de água de descarte dos decantadores e água de lavagem dos filtros.

A Figura 27 ilustra a variação da concentração de SST e turbidez nas amostras de água de descarte dos decantadores e a Figura 28 mostra a variação da concentração de SST e turbidez na água de lavagem dos filtros. Pode-se observar a estreita relação entre os parâmetros.

Figura 27 – Variação da turbidez e SST na água de descarga de fundo dos decantadores.

Figura 28 – Variação da turbidez e SST na água de lavagem dos filtros.

Correlacionando-se os valores de SST e turbidez dos resíduos dos decantadores e filtros através de regressão linear, encontrou-se um coeficiente de 0,8. Segundo CORNWELL et al. (1987) este valor varia entre 0,7 e 2,2. Deste modo, a concentração de SST dos resíduos da ETA pode ser estimada como sendo 80% do valor da turbidez do mesmo. Optou-se por analisar a variação da concentração de sólidos através da turbidez devido a simplicidade na determinação

de tal parâmetro. A Figura 29 ilustra a correlação entre SST e turbidez dos resíduos da ETA Fonte Luminosa

Figura 29 – Correlação entre SST e turbidez dos resíduos da ETA Fonte Luminosa

O comportamento da eliminação dos resíduos retidos nos decantadores e no meio filtrante tem a característica de seguir a forma de pulso. Observou-se que grande parte do material retido nos decantadores é eliminado no primeiro minuto de descarga, de forma que, para possível tratamento deste volume, seria necessário uso de tanque de equalização para uniformidade do resíduo. A Figura 30 ilustra a variação da turbidez na descarga de fundo dos decantadores. Nos primeiros segundos do descarte, a água efluente das válvulas se apresenta bastante clarificada. Geralmente entre 10 e 30 segundos, a turbidez atinge seu valor máximo. Até o término do primeiro minuto, grande parte do material retido nos decantadores é eliminada. A turbidez segue diminuindo durante o segundo e terceiro minutos. Após este tempo, tende a permanecer constante. Provavelmente, o pequeno volume clarificado expelido nos primeiros instantes da descarga é função da concepção do projeto da unidade que, de certa forma, deve promover a clarificação da água remanescente na tubulação de saída.

Figura 30 – Variação da turbidez na descarga de fundo dos decantadores.

Para os filtros, grande parte do material retido no meio filtrante, também, é eliminado no primeiro minuto da lavagem. Como para os resíduos dos decantadores, é necessário uso de tanque de equalização para uniformização antes tratamento deste volume. A Figura 31 ilustra a variação da turbidez da água de lavagem dos filtros da ETA Fonte Luminosa. Devido à insuflação de ar e ao fluxo ascensional, isto é, ao modo operacional de lavagem, o perfil de eliminação de sólidos dos filtros difere do comportamento dos descartes de fundo dos decantadores nos momentos iniciais, não apresentando o volume clarificado. Porém, possui o mesmo comportamento nos instantes seguintes. Atingindo um máximo entre 10 e 30 segundos, liberando grande parte dos sólidos até o final do primeiro minuto e permanecendo praticamente constante após três minutos de lavagem.

Figura 31 – Variação da turbidez na água de lavagem dos filtros.

Observando a Figura 30 e a Figura 31 fica claro a importância do monitoramento do tempo de descarga de fundo dos decantadores e do tempo de lavagem dos filtros. Considerando que a turbidez está relacionada com a presença de sólidos, descargas ou lavagens muito longas geram volumes com concentrações de sólidos relativamente baixas. De acordo com os resultados, o tempo de 2 a 3 minutos seria suficiente para limpar decantadores e filtros. Como mencionado anteriormente, a lavagem do meio filtrante está automatizada com tempo fixo em três minutos. Porém, a descarga nos decantadores continua sendo realizada manualmente, sem o controle do tempo.

A Figura 32 ilustra a variação da cor aparente na água de descarte dos decantadores. Nota-se que a cor tende a se manter constante. A Figura 33 mostra a variação da cor aparente na água de lavagem dos filtros. Percebe-se que a cor tende a diminuir com o tempo. Nos resíduos dos decantadores, as partículas têm velocidades de sedimentação maiores e, por isso, clarificam mais rápido. A cor dos resíduos gerados nos filtros, inicialmente, apresentam valores elevados, devido a baixa sedimentabilidade das partículas retidas no meio filtrante que interferem no parâmetro, porém, os valores tendem a diminuir, pois com o tempo o meio filtrante vai ficando limpo e a água resultante da lavagem tende a apresentar característica da água de lavagem.

Figura 32 - Variação da cor aparente na água de descarte dos decantadores.

Figura 33 - Variação da cor aparente na água de lavagem dos filtros.

Só foi possível a determinação dos parâmetros turbidez e cor nas amostras dos resíduos descartados dos decantadores, devido à baixa concentração de sólidos presente neste tipo de resíduos, quando comparado aos resíduos provenientes de decantadores tipo convencional. Nos trabalhos CORDEIRO (1993) e BARROSO (2002), não foram realizadas determinações de tais parâmetros devido à alta concentração de sólidos presentes nos lodos estudados, sendo inútil e sem sentido a determinação de tais parâmetros em resíduos de decantadores convencionais.

5.3.2. Fosfato total, nitrogênio total e DQO

Os parâmetros determinados nas amostras compostas dos resíduos da descarga de fundo dos decantadores e da lavagem dos filtros mostram que as características deste tipo de lodo podem ser bastante distintas quando comparados a estações com concepções de projeto diferentes. Na Tabela 15 encontram-se listadas as concentrações de fosfato total (PT), nitrogênio total (NTK) e DQO medidos nas amostras de resíduos de decantador (D1 a D7) e filtros (F1 a F7) da ETA Fonte, valores determinados por CORDEIRO (1993) na ETA São Carlos que opera com decantadores convencionais e valores determinados por RIVERA (2001) na ETA Rio Descoberto em Brasília que opera com tecnologia de filtração direta.

O valor do pH medido para o descarte dos decantadores variou entre os valores 8,5 e 9,2. O valor do pH para a água de lavagem dos filtros ficou entre 8,4 e 9,2.

Tabela 15 – Parâmetros determinados nos resíduos da ETA Fonte Luminosa, da ETA São Carlos e da ETA Rio Descoberto.

Amostras		PT (mg/L)	NTK (mg/L)	DQO (mg/L)
Decantadores	D1	0,8	8,0	136
	D2	0,1	-	30
	D3	0,3	1,2	79
	D4	0,1	3,4	114
	D5	0,2	2,0	56
	D6	0,6	7,6	113
	D7	0,5	6,0	103
Filtros	F1	0,6	1,0	53
	F2	0,3	-	57
	F3	0,1	-	54
	F4	0,1	3,8	58
	F5	0,4	1,9	50
	F6	0,5	6,9	72
	F7	0,5	5,6	62
Filtros ETA Rio Descoberto*		-	-	43
Decantador ETA São Carlos**		97,8	280	5.600

Fontes: * RIVERA (2001); ** CORDEIRO (1993)

De acordo com a Tabela 15, as concentrações de fósforo total, nitrogênio total e DQO das amostras de água de descarte dos decantadores e água de lavagem dos filtros da ETA Fonte Luminosa são bastante semelhantes. Comparando estes valores com os da ETA São Carlos, que possui decantadores convencionais, as concentrações dos resíduos da ETA Fonte Luminosa são bem inferiores, devido ao pequeno tempo de armazenamento de resíduos. A concentração de DQO nas amostras de filtros da ETA Fonte Luminosa e da ETA Rio Descoberto se mostraram semelhantes.

5.3.3. Volumes descartados

Para calcular o volume de água descartado pelos decantadores, mensurou-se o tempo total em que a água parava de verter nas calhas dos decantadores quando a descarga estava sendo

dada. A Tabela 16 enumera o tempo total de rebaixamento do nível de água nos decantadores, a vazão afluyente à estação, o volume descartado nos dias de coleta, o tempo e a vazão estimados das válvulas de descarga dos decantadores.

Tabela 16 – Tempo do rebaixamento do nível de água nos decantadores, vazão afluyente a estação, volume, tempo e vazão de descarga dos decantadores.

Amostra	Tempo total ¹ (min)	Vazão água bruta (L/s)	Volume diário ² (m ³)	Tempo de descarga ³ (s)	Vazão de descarga ⁴ (L/s)
D2	31,8	241	460	210	1095
D3	33,0	261	517	180	1436
D4	33,5	261	524	240	1091
D5	30,0	275	494	270	915
D6	35,0	263	551	240	1148
D7	33,3	275	549	240	1145
Média	32,8	262	516	230	1.138

1. Tempo diário que a água parava de verter nos dois decantadores;

2. Volume diário gerado de sólidos;

3. Tempo de descarga de cada válvula do decantador;

4. Vazão média de descarte de cada válvula do decantador.

A partir do valor médio do volume diário da descarga dos decantadores, estimou-se o volume mensal descartado nos decantadores. Comparando o volume mensal estimado com o volume reportado nos relatórios mensais de 2003, elaborados pela ETA Fonte Luminosa (Tabela A6 do Anexo), percebe-se boa correlação. O volume mensal estimado é de 15.480 m³, enquanto a média dos volumes reportados é de 17.480 m³/mês para o ano de 2003.

O volume de água gasto na lavagem dos filtros é de aproximadamente 200m³ por lavagem. A automação está programada para 200m³, porém após ter sido acionada a lavagem dos filtros, o operador leva alguns segundos para liberar o fluxo de água ascendente devido ao método operacional empregado. São lavados 4 ou 5 filtros por dia. A média dos valores reportados nos relatórios mensais elaborados pela ETA Fonte Luminosa no ano de 2003 é de 26.000 m³, aproximadamente.

5.3.4. Carga de sólidos retida na ETA Fonte Luminosa

A seguir, são calculados os volumes de sólidos gerados na ETA Fonte Luminosa. Optou-se por analisar a concentração de sólidos suspensos totais, pois este é o principal parâmetro na concepção de projetos que visam reaproveitar a água descartada nos decantadores e filtros deste tipo de estação.

5.3.4.1. Carga de sólidos suspensos na água de descarte dos decantadores

Calculou-se a quantidade de sólidos descartados nos decantadores a partir da concentração de sólidos suspensos totais das amostras coletadas e do volume diário descartado. A Tabela 17 lista a carga diária de sólidos suspensos observados nos dias coletados.

Tabela 17 – Carga diária de sólidos suspensos descartados nos decantadores.

Amostra	Volume diário ¹ (m ³)	SST (mg/L)	Quantidade de sólidos descartada (kg/dia)
D2	460	440	202
D3	517	720	372
D4	524	551	289
D5	494	421	208
D6	551	850	469
D7	549	590	324
Média	516	595	311

1. Volume diário descartado nos dois decantadores.

Aplicando-se a Eq. 10, discutida na revisão bibliográfica e nos procedimentos metodológicos, para realização do balanço de massas nos decantadores, calculou-se a carga de sólidos gerados diariamente nos decantadores. Na Tabela 18, encontram-se os valores calculados.

Tabela 18 – Carga diária de sólidos suspensos descartados nos decantadores a partir do balanço de massas.

Amostra	Vol _{AB} ¹ (m ³)	Q _{AB} ² (L/s)	SST _{AB} (mg/L)	Q _{AD} ³ (L/s)	SST _{AD} (mg/L)	Cal ⁴ (Kg)	W _{Cal} ⁵ (Kg/dia)	CF ⁶ (Kg)	W _{CF} ⁷ (Kg/dia)	W _D (Kg/dia)
D2	25.033	290	4	290	8	175	16	1.225	196	112
D3	29.171	338	8	338	4	171	15	1.146	183	315
D4	31.357	363	8	363	8	272	24	1.841	295	319
D5	29.940	347	7	347	8	259	23	1.180	189	182
D6	31.311	362	7	362	8	477	43	1.402	224	236
D7	29.825	345	6	345	5	375	34	1.441	231	294
Média	29.440	341	7	341	7	288	26	1373	220	243

1. Volume da água bruta afluyente à ETA no dia anterior a coleta;
2. Vazão média da água bruta afluyente à ETA no dia anterior a coleta;
3. Considerado a mesma vazão de água bruta;
4. Quantidade de cal aplicada na água bruta no dia anterior a coleta;
5. Produção teórica de sólidos a partir da cal consumida;
6. Quantidade de cloreto férrico aplicado na água bruta no dia anterior a coleta;
7. Produção teórica de sólidos a partir do cloreto férrico consumido.

A Figura 34 ilustra a divergência nos valores das cargas de sólidos medidos e estimados. Percebe-se boa correlação entre os valores. Possíveis erros na determinação de SST nas amostras ou possíveis volumes excessivos descartados nos dias das coletas D2 e D6 podem ter influenciado os valores medidos.

Figura 34 – Carga de sólidos gerados nos decantadores.

5.3.4.2. Carga de sólidos suspensos na água de lavagem dos filtros

Calculou-se a quantidade de sólidos na água de lavagem dos filtros a partir da concentração de sólidos suspensos totais das amostras coletadas e do volume médio de lavagem. A Tabela 12 lista a carga diária de sólidos suspensos observados nos dias coletados.

Tabela 19 – Carga diária de sólidos suspensos descartados nos filtros.

Amostra	Volume unitário ¹ (m ³)	SST (mg/L)	Quant. de sólidos descartada por filtro (Kg/dia)	Quant. total diária ² (kg/dia)
F2	200	200	40	160
F3	200	400	80	320
F4	200	259	52	207
F5	200	370	74	296
F6	200	440	88	352
F7	200	312	62	250
Média	200	330	57	264

1. Volume despendido por lavagem de filtro;

2. Carga de sólidos descartada por dia (4 filtros).

Aplicando-se a Eq. 12 para realização do balanço de massas nos filtros, calculou-se a carga de sólidos descartados diariamente com a água de lavagem dos filtros. Na Tabela 20, encontram-se os valores calculados.

A Figura 35 ilustra a divergência dos valores das cargas de sólidos medidos e estimados. A Figura 35 mostra relativa correlação entre o perfil dos valores. Possíveis erros na determinação de SST nas amostras podem ter influenciado os valores medidos, pois a determinação de SST em amostras de água tratada é bastante questionável. A consideração de que todos os filtros sejam operacionalmente semelhantes pode ter gerado prováveis imprecisões nos valores. Percebe-se a necessidade de realização de determinação de mais pontos a fim de encontrar uma relação entre os valores medidos e estimados.

Tabela 20 – Carga diária de sólidos suspensos descartados nos filtros a partir do balanço de massas.

Amostra	SST _{AD} (mg/L)	Q _{AD} ¹ (L/s)	SST _{AT} ² (mg/L)	Q _{AT} ³ (L/s)	W _F (kg/dia)
F2	8	290	2	290	150
F3	4	338	2	338	58
F4	8	363	-	363	251
F5	8	347	-	347	240
F6	8	362	-	362	250
F7	5	345	-	345	149
Media	7	341	2	341	183

1. Vazão média da água bruta afluyente à ETA no dia anterior a coleta;

2. Os valores não determinados foram considerados com zero;

3. Considerado a mesma vazão de água decantada.

Figura 35 – Carga de sólidos gerados nos filtros.

5.3.4.3. Carga total de sólidos suspensos retidos na ETA Fonte Luminosa

A quantidade total de sólidos suspensos retidos na ETA Fonte Luminosa foi determinada a partir da soma direta das cargas de sólidos geradas nos decantadores e filtros. A Tabela 21 lista a carga diária total de sólidos suspensos observados nos dias coletados.

Tabela 21 – Carga diária total de sólidos suspensos retidos nos decantadores e filtros.

Amostras	Carga Decantadores (kg/dia)	Carga Filtros (kg/dia)	Carga diária total (kg/dia)
D2; F2	202	160	362
D3; F3	372	320	692
D4; F4	289	207	496
D5; F5	208	296	504
D6; F6	468	352	820
D7; F7	324	250	574
Média	311	264	575

Aplicando-se a Eq. 14 para realização do balanço de massas na estação, calculou-se a carga de sólidos retida no tratamento diariamente nos filtros e decantadores. Desprezou-se a adição de cloro e flúor na produção de SST devido à baixa contribuição de tais produtos químicos, como visto no item 5.2.1. Na Tabela 22, encontram-se os valores calculados.

Tabela 22 – Carga diária total de sólidos retida no tratamento diariamente nos filtros e decantadores.

Amostra	Vol _{AB} ¹ (m ³)	Q _{AB} ² (L/s)	SST _{AB} (mg/L)	Q _{AT} ³ (L/s)	SST _{AT} ⁴ (mg/L)	Cal ⁵ (Kg)	W _{Cal} ⁶ (Kg/dia)	CF ⁷ (Kg)	W _{CF} ⁸ (Kg/dia)	W _T (Kg/dia)
D2; F2	25.033	290	4	290	2	175	16	1.225	196	262
D3; F3	29.171	338	8	338	2	171	15	1.146	183	374
D4; F4	31.357	363	8	363	-	272	24	1.841	295	570
D5; F5	29.940	347	7	347	-	259	23	1.180	189	422
D6; F6	31.311	362	7	362	-	477	43	1.402	224	486
D7; F7	29.825	345	6	345	-	375	34	1.441	231	443
Média	29.440	341	7	341	2	288	26	1373	220	426

1. Volume da água bruta afluyente à ETA no dia anterior a coleta;
2. Vazão média da água bruta afluyente à ETA no dia anterior a coleta;
3. Considerado a mesma vazão de água bruta;
4. Os valores não determinados foram considerados com zero;
5. Quantidade de cal aplicada na água bruta no dia anterior a coleta;
6. Produção teórica de sólidos a partir da cal consumida;
7. Quantidade de cloreto férrico aplicado na água bruta no dia anterior a coleta;
8. Produção teórica de sólidos a partir do cloreto férrico consumido.

A Figura 36 ilustra o perfil das cargas totais estimadas e medidas de sólidos retidas na ETA Fonte Luminosa e a carga média total diária estimada na ETA São Carlos segundo BARROSO (2002).

* Fonte: BARROSO (2002).

Figura 36 – Carga de sólidos retidos nos decantadores e filtros da ETA Fonte Luminosa e ETA São Carlos.

Baseado nos valores medidos, a ETA Fonte Luminosa produz menos sólidos que a ETA São Carlos. Porém, esta carga é descartada todos os dias pela ETA Fonte Luminosa, consumindo maior quantidade de água. Em compensação, este volume é menos impactante que o volume descartado na ETA São Carlos, devido à baixa concentração de sólidos e ao coagulante que é menos agressivo ao meio ambiente.

5.3.5. Metais

Na Tabela 23, encontram-se os valores médios observados das concentrações de Fe, Ni, Pb, Cr, Zn e Mg nas amostras dos resíduos dos decantadores e água de lavagem dos filtros e o padrão de lançamento de efluentes em corpos d'água estabelecido pela Resolução CONAMA 20 (18/06/86).

Tabela 23- Valores médios das concentração de Fe, Ni, Pb, Cr, Zn e Mg nas amostras dos resíduos dos decantadores e água de lavagem dos filtros e padrão de lançamento em corpos de água segundo CONAMA 20 (18/06/86)

Resíduos	Metais					
	Fe	Ni	Pb	Cr	Zn	Mg
Descarte dos decantadores (mg/L)	23,699	0,216	0,724	0,257	0,012	0,527
Água de lavagem dos filtros (mg/L)	17,974	0,009	0,927	0,078	0,014	0,249
Padrão de lançamento (CONAMA 20)	15,0	2,0	0,5	0,5*/2,0**	5,0	-

* Cromo hexavalente ** Cromo trivalente

Na Tabela A18 do Apêndice, encontram-se os valores das concentrações de Fe, Cd, Zn, Ni, Cu, Pb, Cr e Mg mensurados nas amostras dos resíduos dos decantadores e filtros. A quantidade de Fe retida nestas unidades nos meses de julho e agosto (M5 e M6) foi relativamente baixa, quando comparada aos meses anteriores, devido à menor dosagem de cloreto empregada neste período. Apenas na coleta M1 do decantador, a concentração de Ni presente nos resíduos se mostrou maior que a concentração do metal na água, as demais coletas mostraram que a remoção de Ni da água é baixa ao longo do tratamento. Nas coletas M5 e M6 os níveis de Pb nos resíduos dos decantadores e filtros aumentaram consideravelmente. Os métodos analíticos empregados não detectaram a presença de Cd e Cu nas amostras.

Segundo o artigo 21 da Resolução CONAMA 20 (18/06/86), no período observado, o lançamento dos resíduos dos decantadores e filtros da ETA Fonte Luminosa sem nenhum pré-tratamento em qualquer corpo hídrico, não seria possível, embora tal ação não seja praticada. As concentrações médias de Fe e Pb estiveram acima dos limites estabelecidos pela resolução. Segundo BARROSO (2002), nos resíduos dos decantadores da ETA São Carlos, todos os metais analisados transgrediram a legislação, enquanto que, nos resíduos dos filtros, apenas Fe e Al estiveram acima dos limites estabelecidos. Esses resultados alertam para o grande potencial impactante dos resíduos de decantadores convencionais devido sua alta concentração.

Para o cálculo da concentração de metais nos resíduos em g/Kg, utilizou-se a Eq. (1), apresentada na revisão bibliográfica, para estimar a concentração de SST nas amostras coletadas. Como observado no item 5.3.1., o coeficiente da equação foi estimado em 0,8. Na Tabela 24, encontram-se os valores da turbidez mensurada e de SST estimados nas amostras compostas dos resíduos dos decantadores e filtros nas campanhas M1, M2, M3, M4, M5 e M6.

Tabela 24- Turbidez e SST das amostras compostas dos resíduos dos decantadores e água de lavagem dos filtros

Coleta	M1	M2	M3	M4	M5	M6
Descartes dos decantadores (uT)	786	794	694	678	634	662
Água de lavagem dos filtros (uT)	408	388	372	404	348	420
Descartes dos decantadores (mg/L)	629	635	555	542	507	530
Água de lavagem dos filtros (mg/L)	326	310	298	323	278	336

A Tabela 25 enumera os valores médios observados das concentrações de Fe, Ni, Pb, Cr, Zn e Mg nas amostras dos resíduos dos decantadores e água de lavagem dos filtros em g/Kg de sólidos. Na Tabela A18 do Apêndice, encontram-se os valores das concentrações de Fe, Cd, Zn, Ni, Cu, Pb, Cr e Mg em g/Kg mensurados nas amostras dos resíduos dos decantadores e filtros.

Tabela 25- Valores médios das concentração de Fe, Ni, Pb, Cr, Zn e Mg em g/Kg nas amostras dos resíduos dos decantadores e água de lavagem dos filtros

Resíduos	Metais					
	Fe	Ni	Pb	Cr	Zn	Mg
Descarte dos decantadores (g/Kg)	40,182	0,342	1,332	0,426	0,021	0,889
Água de lavagem dos filtros (g/Kg)	58,042	0,028	3,015	0,248	0,044	0,802

5.4. Considerações finais

No período observado, o tratamento mostrou-se bastante eficiente na remoção de partículas suspensas (turbidez e SST). Notou-se que houve acréscimo na concentração de sólidos dissolvidos, e conseqüentemente, na concentração de sólidos totais. BARROSO (2002) ao estudar a ETA São Carlos, observou acréscimos de sólidos dissolvidos ao longo do tratamento, embora tenha verificado elevada remoção de sólidos suspensos. Tais acréscimos podem ser explicados pela adição de sólidos, na forma de produtos químicos, e liberação ou ressolubilização de compostos dissolvidos, nos decantadores e filtros, associado às características operacionais dos decantadores, e função do volume e tempo (idade) dos resíduos retidos.

Semelhante ao caso da ETA São Carlos (BARROSO, 2002), os produtos químicos empregados no tratamento possivelmente contribuíram para a contaminação da água com alguns metais pesados. Na ETA Fonte luminosa, algumas amostras de Ni se apresentaram acima do teor máximo permitido em águas naturais estabelecido pela Resolução 20 do CONAMA, e concentrações de Pb e Cr se mostraram acima dos limites estabelecidos pelo Padrão de Potabilidade do Ministério da Saúde (Portaria N.º 518, 25/03/2004), representando riscos à saúde dos consumidores. A ocorrência de metais pesados em concentrações acima do limite de Potabilidade é um fato preocupante que precisa ser investigado minuciosamente. As

concentrações de Fe, Cd, Zn e Cu na água tratada obedeceram aos limites estabelecidos pelo Ministério da Saúde.

A falta de critérios na escolha dos produtos químicos pode levar à aquisição de produtos de baixa qualidade, isto é, com alto grau de impurezas. O menor preço não pode ser o parâmetro predominante na aquisição de tais insumos. Recomenda-se o controle da qualidade dos produtos químicos empregados no tratamento, visto que estes contribuem para a ocorrência de metais pesados e sólidos na água tratada.

A principal diferença entre estações de tratamento de água com decantadores de alta taxa e estações com decantadores convencionais é o tempo de retenção ou idade de sólidos sedimentados. Esse aspecto influencia diretamente na qualidade destes resíduos. ETAs com decantadores convencionais acumulam resíduos por dias ou meses, enquanto ETAs com decantadores de alta taxa retêm os sólidos por questão de horas. Os resíduos gerados em decantadores convencionais são conhecidos como lodo, por serem bastante concentrados. Porém, os resíduos gerados em decantadores com alta taxa de sedimentação são semelhantes aos gerados nos filtros, isto é, possuem menores concentrações de sólidos.

Com o balanço de massas, foi possível obter bons valores estimados da produção de sólidos na estação. Observou-se que a ETA Fonte Luminosa produz menos sólidos que a ETA São Carlos. Porém, esta carga é descartada todos os dias pela ETA Fonte Luminosa, despendendo consideráveis volumes de água tratada. Nos descartes diários, se o volume de água dos resíduos não for recuperado, as perdas ao meio ambiente e à estação são grandes. Descargas ou lavagens muito longas geram grandes volume com concentrações de sólidos relativamente baixas. Em compensação, a qualidade deste grande volume descartado diariamente é bem superior a qualidade do volume descartado na ETA São Carlos, em termos de reaproveitamento, devido à baixa concentração de sólidos e ao coagulante que é menos agressivo ao meio ambiente. Vale ressaltar a necessidade de estudo de toxicidade para esse resíduo na biota aquática.

Na Tabela 26, encontra-se a caracterização dos resíduos gerados na ETA Fonte Luminosa (DAAE/Araraquara), na ETA São Carlos (SAAE/São Carlos) e na ETA Rio Descoberto (CAESB/Brasília).

Ressalta-se a importância da concepção dos projetos de estações de tratamento. Os processos e as operações empregadas no tratamento influenciam diretamente a qualidades dos

resíduos gerados. Seja qual for o tipo de tratamento empregado, devem ser consideradas as normas da série ISO 14.000 nos projetos de ETAs, prevenindo os processos de contaminações ambientais, através da redução, reutilização e recuperação dos resíduos gerados.

Tabela 26 – Caracterização dos resíduos gerados na ETA Fonte Luminosa (DAAE/Araraquara), na ETA São Carlos (SAAE/São Carlos) e na ETA Rio Descoberto (CAESB/Brasília)

Parâmetros	Descarte dos decantadores ETA FL ¹	Água de lavagem dos filtros ETA FL	Descarte dos decantadores ETA SC ²	Água de lavagem dos filtros ETA SC ²	Água de lavagem dos filtros ETA RD ³
Turbidez (uT)	526 – 1.073	225 – 450	-	-	91,6
pH	8,5 – 9,2	8,4 – 9,2	6,76	-	5,8
ST (mg/L)	830 – 1.170	480 – 630	41.390	-	-
STV (mg/L)	290 – 420	220 – 300	-	-	-
STF (mg/L)	540 – 750	240 – 340	-	-	-
SST (mg/L)	440 – 850	200 – 440	-	-	101
SSV (mg/L)	120 – 160	80 – 200	-	-	33
SSF (mg/L)	320 – 700	80 – 320	-	-	68
DQO (mg/L)	30 – 136	50 – 72	43.000	-	43
PT (mg/L)	0,1 – 0,8	0,1 – 0,6	-	-	-
NTK (mg/L)	1,2 – 8,0	1,0 – 6,9	-	-	-
Fe (mg/L)	3,285 – 51,709	8,711 – 31,942	69.999	195	4,6
Cd (mg/L)	ND	ND	ND	ND	ND
Zn (mg/L)	0 – 0,019	0 – 0,014	49	0,28	0,22
Cu (mg/L)	ND	ND	32	0,13	0,01
Ni (mg/L)	0 – 0,313	0 – 0,009	15	1,81	ND
Pb (mg/L)	0,313 – 1,476	0 – 1,502	10	0,33	ND
Cr (mg/L)	0 – 0,563	0,029 – 0,132	19	0,20	ND
Mg (mg/L)	0,212 – 1,599	0,214 – 0,271	-	-	-

1 - ETA FL – ETA Fonte Luminosa;

2 - ETA SC – ETA São Carlos – Fonte: BARROSO (2002);

3 - ETA RD – ETA Rio Descoberto – Fonte: ESCOBAR RIVERA (2001).

6. CONCLUSÕES

No período investigado, de acordo com os resultados apresentados:

- Semelhante à ETA São Carlos observada por BARROSO (2002), os insumos empregados na ETA Fonte Luminosa contribuíram diretamente para a ocorrência de metais pesados nos resíduos dos decantadores e filtros e, principalmente, na água tratada em valores acima do Padrão de Potabilidade fixado pelo Ministério da Saúde, através da Portaria N.º 518 de 25/03/2004;
- A qualidade da água bruta influenciou no consumo de produtos químicos empregados no tratamento. O período de menor turbidez da água bruta foi identificado como sendo o período de menor consumo de cloreto férrico e, conseqüentemente, de menores volumes descartados nos decantadores;
- A ETA Fonte Luminosa produziu menos sólidos que a ETA São Carlos. Porém, devido aos descartes diários, a ETA Fonte Luminosa despendeu grande quantidade de água, desta forma, diluindo bastante os resíduos dos decantadores;
- O tempo de retenção dos sólidos nas unidades influenciou na qualidade dos mesmos. Na ETA Fonte Luminosa, os resíduos gerados nos decantadores e filtros apresentaram certas semelhanças. As concentrações de SST e de metais são relativamente baixas quando comparadas com as concentrações do lodo dos decantadores da ETA São Carlos.

7. RECOMENDAÇÕES

O autor recomenda:

- Automação do descarte dos decantadores da ETA Fonte Luminosa para evitar desperdício de água;
- Realizar estudos sobre a viabilidade de recuperação da água dos resíduos, visando diminuir as perdas;
- Estudar a estrutura, forma e distribuição do tamanho dos flocos, além da densidade e viscosidade dos resíduos para sua completa caracterização;
- Realizar estudos complementares para verificar a possibilidade de tratamento unificado dos resíduos gerados nos decantadores e filtros, tais como: toxicidade e viabilidade econômica;
- Efetuar estudos mais específicos a fim de encontrar outras alternativas para destino final destes resíduos: flotabilidade, resistência específica, compressibilidade, centrifugabilidade, taxa de escoamento, filtrabilidade, capilaridade, entre outras;
- Que os responsáveis pelas ETAs devem rever os critérios de aquisição de produtos químicos. Deve-se optar por produtos de boa procedência, pois a qualidade deve ser o parâmetro de maior relevância na compra de tais insumos, visto que estes contribuem para a ocorrência de sólidos na água tratada;

- Analisar a ocorrência de Al, As, Hg, Ag, Se e Mn na ETA Fonte Luminosa, visto que tais metais se mostraram presentes nos produtos químicos empregados no tratamento da água;
- Incluir a determinação de níquel no controle de qualidade do coagulante;
- Realizar estudo mais apurado das placas dos decantadores a fim de descobrir se estas são as fontes de contaminação por Pb;
- Realizar estudo minucioso sobre a ocorrência de metais pesados na água tratada. Repetir mais vezes as análises para saber se a contaminação ocorre periodicamente ou se foi caso isolado;
- Estudar a solubilidade dos metais nos resíduos.

8. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AMERICAN SOCIETY OF CIVIL ENGINEERS (1996). Management of Water Treatment Plant Residuals. *American Water Works Association*. New York.

ANNADURAI, G.; JUANG, R.S.; LEE, D.J. (2003). Adsorption of heavy metals from water using banana and orange peels. *Water Science & Technology*, v.47, n.1, p.185-190.

AMERICAN PUBLIC HEALTH ASSOCIATION; AMERICAN WATER WORKS ASSOCIATION – WATER ENVIRONMENT FEDERATION (1998). *Standard methods for the examination of water and wastewater*. 20. ed. Washington DC, USA.

BARBOSA, R.M. (2000). *Avaliação do impacto de efluentes (lodos) de estações de tratamento de água à biota aquática através de testes de toxicidade*. Tese (Doutorado) - Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos. 2000.

BARROSO, M. M. (2002). *Problemática dos metais e sólidos no tratamento de água (estação convencional de ciclo completo) e nos resíduos gerados*. 140p. Dissertação (Mestrado) - Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos. 2002.

CARVALHO, E. H. (1999). *Disposição dos resíduos gerados nas estações de tratamento de água em estações de tratamento de esgotos com decantação primária*. 200p. Tese (Doutorado) – Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos, 1999.

CORDEIRO, J.S. (1993). *O problema dos lodos gerados nos decantadores em estações de tratamento de águas*. 342p. Tese (Doutorado) - Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos. 1993.

_____. (2001). Processamento de lodos de estações de tratamento de água (ETAs). In: ANDREOLI, C.V. (Coord.). *Resíduos sólidos do saneamento: processamento, reciclagem e disposição final*. Projeto PROSAB, Rio de Janeiro, RiMa Editora, ABES. Cap. 5, p.121-142.

CORNWELL, D.A.; BURMASTER, J.W.; FRANCIS, J.L.; FRIEDLINE Jr., J.C.; HOUCK, C.; KING, P.H.; KNOCKE, W.R.; NOVAK, J.T.; ROLAN, A.T.; SAN GIACOMO, R. (1987). Committee Report: Research Needs for Alum Sludge Discharge. *American Water Works Association*. v.79, p.99-105. Jun.

CORNWELL, D.A.; KOPPERS, H.M.N. (1990). Slib, Schlamm, Sludge. *American Water Works Association Research Foundation & Keuringsinstituut Voor Waterleidingartikelen*. Denver.

COSTA, E. R. H. (1997). Melhoria da qualidade da água tratada e aumento da capacidade de ETA através da escolha adequada de coagulantes e auxiliares em águas com alcalinidade alta (estudo de caso). In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA SANITÁRIA E AMBIENTAL, 19. 1997, Foz do Iguaçu, p108-109.

DI BERNARDO, L.; DI BERNARDO, A.; CENTURIONE FILHO, P.L. (2002). *Ensaio de tratabilidade de águas e dos resíduos gerados em estações de tratamento de água*. São Carlos, RiMa Editora, 2002.

DHARMAPPA, H. B.; HACIA, A. & HAGARE, P. (1997). Water treatment plant residuals management. *Water Science & Technology*, v.35, n.8, p.45-56.

ESCOBAR RIVERA, J. C. (2001). *Tratamento e recuperação da água de lavagem dos filtros de uma estação de filtração direta e simulação da disposição dos lodos em estações de tratamento de esgoto*. 144p. Tese (Doutorado) - Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos. 2001.

FRIEDRICH, E. (2002). Life-cycle assessment as an environmental management tool in the production of potable water. *Water Science & Technology*, v.46, n.9, p.29-36.

GRANDIN, S. R. (1992). *Desaguamento dos lodos produzidos nas estações de tratamento de água*. Dissertação (Mestrado) - Escola Politécnica, Universidade de São Paulo, São Paulo. 1992.

HOPPEN, C.; PORTELLA, K. F.; ANDREOLI, C. V.; SALES, A.; JOUKOSKI, A. (2003). Estudo de incorporação do lodo centrifugado da estação de tratamento de água Passaúna em matrizes de concreto, com dosagem de 3%. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA SANITÁRIA E AMBIENTAL, 22. 2003, Joinville.

IBICT (2004). Avaliação do Ciclo de Vida. *Ministério da Ciência e Tecnologia*. Disponível em: <http://acv.ibict.br>. Acesso em: 01 abr. 2004.

KAGGWA, R.C.; MULALELO, C.I.; DENNY, P.; OKURUT, T.O. (2001). The impact of alum discharges on a natural tropical wetland in Uganda. *Water Research*. v.38, n.3. p. 795-807.

KOORSE, S.J. (1993). The role of residual laws in treatment plant desing. *American Water Works Association*. p.57-62, October.

LIU, J. C.; KAO, T. -H. (2003). Extraction of Cu and Pb from printed circuit board sludge using ammonia solutions. *Water Science & Technology*, v.47, n.1, p.167-172.

PARSEKIAN, M. P. S. (1998). *Análise e proposta de formas de gerenciamento de Estação de Tratamento de Águas de Abastecimento Completo em cidades de porte médio do Estado de São Paulo*. 183p. Dissertação (Mestrado) – Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos. 1998.

RAMOS, F.; FERNANDES, C. V. S.; MELIM, R. T.; MARTINS, R. R. (1993). Qualidade da Água e Aspectos Aleatórios. In: Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos, 10/ Simpósio de Recursos Hídricos do Cone Sul, 1. 1993, Gramado.

REALI, M.A.P. (1999). Principais características quantitativas e qualitativas do lodo de ETAs. In: REALI, M.A.P. (Coord.). *Noções gerais de tratamento e disposição final de lodos de estações de tratamento de água*. Projeto PROSAB, Rio de Janeiro, ABES. Cap. 2, p.21-39.

REBOUÇAS, A.; TUNDISI, J. G. e BRAGA, B. (Coord.) (2002). *Águas doces no Brasil: Capital ecológico, uso e conservação*. 2ª Ed. São Paulo: Escrituras Editora.

RICHTER, C.A. (2001). *Tratamento de Lodo de Estação de Tratamento de Água*. São Paulo: Editora Edgard Blücher Ltda.

SCALIZE, P. S. (2003). *Disposição de resíduos gerados em estações de tratamento de água em estações de tratamento de esgoto*. 146p. Tese (Doutorado) - Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos. 2003.

SENRA, J. B. (2002). Por um Brasil limpo e decente. *La Insígnia. Diario independiente iberoamericano*. Disponível em: http://www.lainsignia.org/2002/agosto/ecol_010.htm. Acesso em: 01 abr. 2004.

STEINBERG, C.E.W.; WRIGHT, R.F. (1992). Introduction. In: STEINBERG, C.E.W.; WRIGHT, R.F. (Eds). *Acidification of freshwater ecosystems*. Implications for the future. Dahlem Workshop on Acidification of Freshwater Ecosystems. 1992. Berlin, Germany. Chap.1, p.1-4.

UJANG, Z.; BUCKLEY, C. (2002). Water and wastewater in developing countries: present reality and strategy for the future. *Water Science & Technology*, v.46, n.9, p.1-9.

VASCONCELOS, Y. (2002). Fantasma da escassez ronda o mundo. *Revista Pesquisa FAPESP*, São Paulo, n. 75. p.66, mai.

VAN MIEGROET, H. (1992). The relative importance of sulfur and nitrogen compounds in the acidification of fresh water. In: STEINBERG, C.E.W.; WRIGHT, R.F. (Eds). *Acidification of freshwater ecosystems*. Implications for the future. Dahlem Workshop on Acidification of Freshwater Ecosystems. 1992. Berlin, Germany. Chap.4, p.33-49.

VESELY, J. (1992). Effects of acidification on trace metal transport in fresh waters. In: STEINBERG, C.E.W.; WRIGHT, R.F. (Eds). *Acidification of freshwater ecosystems*. Implications for the future. Dahlem Workshop on Acidification of Freshwater Ecosystems. 1992. Berlin, Germany. Chap.10, p.141-151.

VON SPERLING, M. (2000). *Introdução à qualidade das águas e ao tratamento de esgotos*. Princípio do tratamento biológico de águas residuárias. 2ª Edição, 4ª Reimpressão, Belo Horizonte: Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental; Universidade de Minas Gerais.

ANEXO A

DADOS FORNECIDOS PELO DAAE ARARAQUARA

Tabela A1 - Parâmetros controlados na qualidade dos produtos químicos empregados no tratamento.

Produto químico Analisado: Cal

Parâmetros	Unidade	Especificações	Quantidade						
			jan/03	fev/03	jul/03	set/03	out/03	nov/03	dez/03
Carbonato de cálcio	% (p/p)	< 5,5	4,9	2,24	2,8	4,8	4,1	4,2	4,9
Dióxido de carbono	% (p/p)	< 2,40	2,1	0,96	1,23	2,1	1,8	1,8	2,1
Enxofre	% (p/p)	< 0,030	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01
Fósforo	% (p/p)	< 0,10	< 0,01	< 0,01	0,06	0,07	0,04	0,03	0,04
Óxido de cálcio	% (p/p)	< 90,0	91,6	94,6	93,9	91,7	95,3	92,3	94,9
Óxido de Magnésio	% (p/p)	< 2,2	0,84	0,6	0,71	0,4	1,8	0,14	0,21
Óxido de silício	% (p/p)	< 2,0	< 0,01	0,9	0,36	1,4	< 0,01	0,01	1,4
Óxido de ferro	% (p/p)	< 0,20	0,03	0,08	0,11	0,02	0,08	0,02	0,08
Óxido de alumínio	% (p/p)	< 0,20	0,07	0,20	0,12	0,03	0,42	0,02	0,04

Produto químico Analisado: Cloreto férrico

[illegible]

Cont. Tabela A1 - Parâmetros controlados na qualidade dos produtos químicos empregados no tratamento.

Produto químico Analisado: **Ácido Fluossilícico**

			Quantidade								
Parâmetros	Unidade	Especificações	jan/03		fev/03		jul/03	set/03	out/03	nov/03	dez/03
Arsênio	% (p/p)	< 800	< 0,5	< 0,5	19,7	19,4	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5
Chumbo	mg/kg	< 800	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	3,5	< 0,5	< 0,5
Cromo	mg/kg	< 800	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	5,6	< 0,5	< 0,5

Produto químico Analisado: **Hipoclorito de sódio**

Parâmetro	Unidade	Especificações	Quantidade								
			jan/03		fev/03		jul/03	set/03	out/03	nov/03	dez/03
Mercurio	mg/kg	< 0,6	< 0,1	< 0,1	0,3	0,1	0,5	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1

Tabela A2 - Volumes de água na ETA Fonte em 2001

Volume	jan	fev	mar	abr	mai	jun	jul	ago	set	out	nov	dez
Volume aduzido (m ³)	966.439	883.843	1.018.222	952.108	964.413	917.137	878.758	943.793	961.966	1.096.759	995.463	995.429
Volume descartado nos decantadores (m ³)	26.787	20.855	23.578	26.995	20.204	17.128	15.991	22.038	21.658	30.221	24.209	37.162
Volume tratado (m ³)	939.652	862.988	994.644	925.113	944.209	900.009	862.767	921.755	940.308	1.066.538	971.254	958.267
Volume utilizado na limpeza dos filtros (m ³)	16.730	14.460	18.024	21.180	33.440	33.373	32.720	40.660	37.160	44.420	31.000	23.280
Volume distribuído por caminhão tanque (m ³)	763	673	865	1.146	1.312	2.016	4.177	4.128	4.321	3.751	1.685	1.246
Volume total distribuído (m ³)	922.159	847.855	975.755	902.787	909.457	864.620	825.870	876.967	898.827	1.018.367	938.569	933.741

Tabela A3 - Consumo de produtos químicos em 2001

Produto químico	jan	fev	mar	abr	mai	jun	jul	ago	set	out	nov	dez
Cloro gasoso (ton)	3,24	3,13	3,47	3,36	3,47	3,36	3,47	3,47	3,36	3,36	3,36	3,20
Ácido fluossilícico (ton)	4,8	4,35	4,79	4,56	4,55	4,35	4,25	4,39	4,40	5,21	4,79	4,60
Cal (ton)	27,44	22,88	25,30	24,21	25,00	31,02	30,85	24,80	23,11	15,10	9,41	9,41
Cloreto férrico (ton)	55,91	48,59	53,10	47,92	50,86	44,05	43,06	44,47	47,92	57,92	53,83	55,90
Ácido clorídrico (ton)	3,62	1,90	5,40	0	0	0	0	0	2,30	2,10	1,90	0
Clorito de sódio (ton)	3,94	2,06	5,87	0	0	0	0	0	2,50	2,25	2,06	0

Tabela A4 - Volumes de água na ETA Fonte em 2002

Volume	jan	fev	mar	abr	mai	jun	jul	ago	set	out	nov	dez
Volume aduzido (m ³)	1.095.563	975.291	1.058.449	1.068.144	1.049.478	1.060.961	1.093.280	987.114	878.527	955.139	853.189	857.135
Volume descartado nos decantadores (m ³)	39.489	36.234	26.933	37.060	39.335	45.806	47.254	31.075	25.311	22.556	19.490	22.624
Volume tratado (m ³)	1.056.074	939.057	1.031.516	1.031.084	1.010.143	1.015.155	1.046.026	956.039	853.216	932.583	833.699	834.511
Volume utilizado na limpeza dos filtros (m ³)	20.020	15.640	17.474	13.120	14.960	24.000	50.340	52.420	46.280	26.744	23.660	25.280
Volume distribuído por caminhão tanque (m ³)	1.246	1.246	1.037	3.448	2.697	2.992	2.578	2.633	1.677	3.186	2.243	1.360
Volume total distribuído (m ³)	1.034.808	922.171	1.013.005	1.014.516	992.486	988.163	993.108	900.986	805.259	902.653	807.796	807.871

Tabela A5 - Consumo de produtos químicos em 2002

Produto químico	jan	fev	mar	abr	mai	jun	jul	ago	set	out	nov	dez
Cloro gasoso (ton)	3,06	4,00	5,12	4,26	3,76	3,78	3,19	3,25	3,23	4,50	3,76	3,65
Ácido fluossilícico (ton)	4,69	4,50	5,39	5,23	5,12	5,04	5,11	4,06	4,24	4,50	4,13	4,22
Cal (ton)	22,73	24,23	26,10	26,68	36,67	26,27	21,58	26,40	25,63	30,14	26,00	20,80
Cloreto férrico (ton)	67,8	64,99	59,28	54,19	56,26	41,56	38,35	41,83	40,32	44,81	43,60	48,58
Ácido clorídrico (ton)	0	0	0	0,71	1,96	0	0	0	0	0	0,53	1,65
Clorito de sódio (ton)	0	0	0	0,78	2,13	0	0	0	0	0	0,57	1,80

Tabela A6 - Volumes de água na ETA Fonte em 2003

Volumes	jan	fev	mar	abr	mai	jun	jul	ago	set	out	nov	dez
Volume aduzido (m ³)	772.349	754.495	845.703	804.524	868.537	888.852	866.329	852.316	881.345	998.695	911.418	916.791
Volume descartado nos decantadores (m ³)	18.782	13.445	15.384	14.774	19.776	20.560	15.472	14.258	16.268	19.956	20.521	20.565
Volume tratado (m ³)	753.567	741.050	830.319	789.750	848.761	868.292	850.857	838.058	865.077	978.739	890.897	896.226
Volume utilizado na limpeza dos filtros (m ³)	25.440	21.740	24.240	23.400	25.260	24.360	28.500	29.720	29.960	29.380	25.390	24.580
Volume distribuído por caminhão tanque (m ³)	1.670	1.693	1.660	2.173	1.768	2.044	3.321	3.321	2.351	2.077	4.698	-
Volume total distribuído (m ³)	726.457	717.617	804.419	764.177	821.733	841.888	819.036	805.017	832.766	947.282	860.809	-

Tabela A7 - Consumo de produtos químicos em 2003

Produto químico	jan	fev	mar	abr	mai	jun	jul	ago	set	out	nov	dez
Cloro gasoso (ton)	3,97	3,60	4,00	3,97	3,58	3,88	3,60	3,32	3,80	4,40	4,50	-
Ácido fluossilícico (ton)	3,86	3,91	4,30	3,77	4,13	4,23	3,75	4,15	4,06	4,60	4,30	-
Cal (ton)	19,04	22,60	23,00	20,00	22,72	22,25	21,38	25,52	22,10	26,10	27,80	25,74
Cloreto férrico (ton)	52,49	45,43	48,20	42,58	48,87	44,16	39,78	30,81	38,05	43,30	47,20	69,88
Ácido clorídrico (ton)	1,47	3,10	3,20	1,53	3,30	1,54	1,16	3,25	3,33	0	0	-
Clorito de sódio (ton)	1,60	3,30	3,40	1,67	3,58	1,42	1,26	3,53	3,62	0	0	-

Tabela A8 - Cor e turbidez da água bruta afluyente à ETA Fonte Luminosa em de 2001

Janeiro de 2001

Dias	Cor		Turbidez	
	Bruta		Bruta	
	Mín	Máx	Mín	Máx
1	241	405	45	77
2	175	250	34	45
3	127	148	25	48
4	118	144	22	25
5	112	204	21	28
6	111	144	20	30
7	97	140	19	24
8	107	147	18	27
9	89	111	18	23
10	48	122	20	23
11	96	120	18	21
12	110	210	20	38
13	167	297	30	55
14	169	2100	30	374
15	319	1530	60	279
16	268	439	50	83
17	86	235	14	43
18	136	190	24	29
19	151	884	28	162
20	498	1467	95	276
21	195	449	36	85
22	134	241	24	45
23	123	1320	23	244
24	295	538	56	101
25	151	288	28	51
26	321	572	62	106
27	198	548	38	103
28	414	1940	78	368
29	520	1952	109	368
30	244	582	45	204
31	186	288	33	52

Fevereiro de 2001

Dias	Cor		Turbidez	
	Bruta		Bruta	
	Mín	Máx	Mín	Máx
1	187	489	33	91
2	150	247	30	45
3	127	230	24	42
4	125	197	24	36
5	108	978	20	154
6	364	700	69	170
7	177	309	33	58
8	133	177	26	35
9	172	489	31	94
10	183	410	34	94
11	147	308	26	46
12	122	880	23	151
13	235	644	42	118
14	140	211	26	37
15	125	250	23	34
16	114	180	22	36
17	133	247	23	41
18	125	231	23	39
19	110	138	21	26
20	98	124	18	24
21	93	124	18	23
22	76	122	14	23
23	92	119	20	22
24	57	144	14	22
25	108	1740	21	337
26	454	1142	82	220
27	194	399	35	74
28	138	198	24	36

Março de 2001

Dias	Cor		Turbidez	
	Bruta		Bruta	
	Mín	Máx	Mín	Máx
1	108	160	23	28
2	103	123	19	22
3	100	112	19	21
4	103	123	18	21
5	100	120	19	21
6	91	116	18	21
7	93	215	17	39
8	145	240	26	45
9	118	175	22	32
10	184	980	34	183
11	313	856	59	160
12	176	385	32	64
13	133	150	24	27
14	116	158	22	29
15	99	137	19	24
16	105	227	19	42
17	124	165	23	30
18	117	139	20	24
19	91	118	18	22
20	82	104	15	19
21	84	238	15	43
22	105	123	18	25
23	98	109	18	22
24	101	183	18	35
25	125	1390	23	267
26	443	1310	82	230
27	215	370	40	69
28	150	360	31	59
29	125	191	23	33
30	125	238	22	45
31	193	328	35	62

Abril de 2001

Dias	Cor		Turbidez	
	Bruta		Bruta	
	Mín	Máx	Mín	Máx
1	142	186	25	103
2	441	1710	83	315
3	223	378	41	69
4	168	195	29	35
5	153	194	28	36
6	120	174	23	31
7	121	145	23	27
8	126	141	21	26
9	115	140	21	30
10	327	1204	60	208
11	192	356	35	66
12	139	219	26	41
13	132	161	24	28
14	111	154	23	27
15	100	131	18	26
16	90	134	19	38
17	106	137	19	25
18	109	127	18	25
19	99	149	16	24
20	93	151	17	27
21	108	151	20	27
22	75	184	13	25
23	111	151	21	27
24	114	185	21	35
25	109	142	19	27
26	105	138	20	26
27	101	145	19	27
28	99	158	20	25
29	119	150	22	27
30	96	137	19	25

Unidades: Cor – uC; Turbidez - uT

Cont. Tabela A8 - Cor e turbidez da água bruta afluente à ETA Fonte Luminosa em de 2001

Maio de 2001

Dias	Cor		Turbidez	
	Bruta		Bruta	
	Mín	Máx	Mín	Máx
1	130	190	24	35
2	98	130	17	23
3	114	130	20	26
4	107	169	20	30
5	145	169	29	33
6	130	182	23	36
7	94	154	19	27
8	110	132	18	27
9	96	129	18	23
10	98	129	18	23
11	107	128	20	25
12	90	115	16	21
13	110	598	20	105
14	214	468	40	88
15	126	219	25	40
16	120	361	23	66
17	230	443	43	80
18	192	319	31	60
19	151	202	25	29
20	119	144	24	27
21	113	162	21	30
22	116	165	21	27
23	110	142	21	27
24	120	131	22	25
25	103	144	20	25
26	110	121	22	24
27	113	730	20	142
28	294	632	55	116
29	143	293	25	54
30	131	214	23	32
31	139	156	21	28

Junho de 2001

Dias	Cor		Turbidez	
	Bruta		Bruta	
	Mín	Máx	Mín	Máx
1	124	139	25	30
2	118	131	21	23
3	115	149	22	24
4	129	151	21	26
5	108	136	22	25
6	112	136	21	25
7	117	130	20	23
8	121	134	21	23
9	98	127	16	23
10	119	127	20	24
11	119	134	21	24
12	108	130	20	23
13	113	126	20	23
14	118	156	21	24
15	120	136	20	25
16	124	158	23	28
17	132	159	24	29
18	109	142	21	26
19	114	145	21	26
20	117	154	21	43
21	96	147	18	25
22	103	130	18	25
23	93	131	16	24
24	85	112	17	20
25	91	119	17	21
26	98	340	19	58
27	170	329	29	58
28	113	216	24	40
29	98	117	18	22
30	86	119	16	21

Julho de 2001

Dias	Cor		Turbidez	
	Bruta		Bruta	
	Mín	Máx	Mín	Máx
1	92	99	17	20
2	92	118	17	22
3	94	116	16	21
4	96	110	17	20
5	88	108	17	20
6	93	105	16	20
7	88	98	16	20
8	92	104	17	19
9	93	109	17	20
10	96	106	18	21
11	95	112	18	21
12	86	120	17	23
13	80	123	17	24
14	84	114	13	22
15	79	96	13	26
16	80	96	13	16
17	88	101	14	19
18	90	110	18	22
19	87	105	17	21
20	94	105	16	20
21	92	150	17	26
22	95	115	17	23
23	95	122	19	25
24	106	126	19	23
25	96	110	18	21
26	110	232	20	38
27	135	182	28	34
28	119	156	22	31
29	99	127	18	21
30	84	127	14	23
31	84	114	18	21

Agosto de 2001

Dias	Cor		Turbidez	
	Bruta		Bruta	
	Mín	Máx	Mín	Máx
1	97	113	18	23
2	98	115	18	23
3	88	105	15	20
4	92	157	18	27
5	97	140	19	24
6	54	111	10	20
7	81	133	15	20
8	78	131	15	22
9	76	135	14	24
10	92	126	16	23
11	86	119	17	21
12	68	107	15	20
13	90	192	17	34
14	87	117	17	24
15	96	125	18	22
16	90	132	20	25
17	88	140	16	24
18	104	155	20	24
19	82	120	16	24
20	55	152	11	26
21	90	116	18	22
22	93	108	16	21
23	88	187	17	33
24	131	247	20	46
25	111	125	18	22
26	74	123	13	24
27	96	138	18	26
28	110	132	20	23
29	128	244	23	106
30	260	349	41	65
31	125	214	23	39

Unidades: Cor – uC; Turbidez - uT

Cont. Tabela A8 - Cor e turbidez da água bruta afluyente à ETA Fonte Luminosa em de 2001

Setembro de 2001

Dias	Cor		Turbidez	
	Bruta		Bruta	
	Mín	Máx	Mín	Máx
1	97	128	16	21
2	88	126	16	27
3	79	109	15	23
4	83	102	14	22
5	76	110	15	20
6	71	103	15	17
7	81	96	16	18
8	82	98	17	20
9	90	119	17	21
10	92	126	18	22
11	95	114	16	20
12	98	142	18	26
13	75	129	15	23
14	96	1315	17	245
15	453	950	81	136
16	161	390	25	72
17	148	264	30	45
18	129	239	24	32
19	126	143	23	28
20	77	132	14	25
21	86	153	16	26
22	101	148	19	25
23	126	165	23	29
24	126	156	21	32
25	151	206	27	38
26	144	206	26	42
27	148	184	27	41
28	166	277	31	51
29	165	235	30	42
30	124	176	24	32

Outubro de 2001

Dias	Cor		Turbidez	
	Bruta		Bruta	
	Mín	Máx	Mín	Máx
1	107	177	20	36
2	181	1000	33	177
3	283	433	48	82
4	166	218	30	40
5	144	190	26	31
6	106	136	21	23
7	99	135	18	27
8	98	1828	19	336
9	572	1600	106	300
10	292	470	54	88
11	202	274	39	52
12	239	466	46	86
13	203	268	37	50
14	181	225	32	42
15	153	220	29	42
16	143	156	26	29
17	123	143	22	26
18	123	241	24	42
19	129	179	22	28
20	170	247	33	47
21	143	243	26	42
22	393	1140	71	213
23	216	295	47	64
24	119	165	26	52
25	118	138	19	24
26	102	114	18	21
27	88	110	16	18
28	103	123	20	23
29	94	128	18	23
30	93	107	17	21
31	88	130	17	25

Novembro de 2001

Dias	Cor		Turbidez	
	Bruta		Bruta	
	Mín	Máx	Mín	Máx
1	120	142	21	29
2	120	176	22	33
3	146	177	28	35
4	152	278	32	46
5	191	437	30	82
6	124	162	20	30
7	98	109	18	21
8	101	112	19	21
9	92	112	17	21
10	92	106	17	19
11	98	130	18	24
12	142	236	29	45
13	139	247	25	49
14	149	277	24	51
15	130	309	22	55
16	229	465	35	88
17	156	1137	27	217
18	321	936	60	174
19	190	340	36	64
20	118	186	23	35
21	80	158	16	28
22	90	108	18	20
23	91	3200	19	332
24	453	2685	91	317
25	210	421	40	81
26	144	233	27	44
27	128	155	25	29
28	116	489	20	91
29	197	536	37	102
30	96	536	19	102

Dezembro de 2001

Dias	Cor		Turbidez	
	Bruta		Bruta	
	Mín	Máx	Mín	Máx
1	98	326	19	39
2	108	172	21	32
3	118	190	22	36
4	98	125	18	22
5	97	172	18	31
6	92	386	16	79
7	162	338	30	63
8	122	214	22	39
9	108	159	20	29
10	125	192	23	36
11	124	153	20	36
12	134	209	22	37
13	171	990	31	158
14	389	1055	75	211
15	126	992	22	177
16	345	1250	85	249
17	381	690	77	138
18	207	374	38	69
19	181	3000	33	560
20	1230	2280	175	430
21	440	1100	80	170
22	442	936	82	150
23	531	1405	96	281
24	286	804	48	150
25	231	289	43	55
26	160	236	30	44
27	158	1165	28	210
28	404	1520	75	280
29	280	695	51	130
30	246	670	46	124
31	157	270	28	49

Unidades: Cor – uC; Turbidez - uT

Tabela A9 - Cor e turbidez da água bruta afluyente à ETA Fonte Luminosa em de 2002

Janeiro de 2002

Dias	Cor		Turbidez	
	Bruta		Bruta	
	Mín	Máx	Mín	Máx
1	136	211	26	39
2	137	210	26	37
3	137	265	25	42
4	117	163	23	31
5	136	149	20	27
6	125	146	25	27
7	268	1041	50	198
8	267	802	50	152
9	271	519	51	97
10	183	292	33	54
11	197	155	30	37
12	142	187	26	34
13	157	2600	28	470
14	412	2848	81	478
15	247	550	46	107
16	234	304	44	51
17	211	355	39	69
18	190	295	36	56
19	181	269	34	49
20	183	363	37	67
21	199	464	38	87
22	201	267	36	51
23	206	680	36	136
24	268	501	50	92
25	259	407	47	77
26	325	981	60	181
27	357	2580	68	480
28	231	541	43	103
29	343	1430	65	260
30	210	379	38	70
31	184	246	36	48

Fevereiro de 2002

Dias	Cor		Turbidez	
	Bruta		Bruta	
	Mín	Máx	Mín	Máx
1	119	2800	36	560
2	680	3430	146	640
3	363	610	71	116
4	230	365	42	61
5	216	254	41	53
6	177	262	33	47
7	288	1620	53	266
8	330	1140	62	201
9	402	624	76	128
10	290	3100	63	690
11	520	3220	118	600
12	259	518	49	99
13	183	315	35	60
14	213	2525	39	470
15	325	690	59	128
16	221	354	43	66
17	222	462	42	87
18	179	288	33	54
19	170	635	31	128
20	398	1308	75	198
21	313	472	58	86
22	429	1220	80	287
23	246	549	47	104
24	210	322	38	61
25	161	291	29	53
26	127	230	25	43
27	138	310	25	54
28	131	308	24	56

Março de 2002

Dias	Cor		Turbidez	
	Bruta		Bruta	
	Mín	Máx	Mín	Máx
1	135	300	26	55
2	131	1535	24	303
3	307	1503	57	270
4	334	1710	62	310
5	205	424	37	79
6	163	328	30	60
7	166	313	31	57
8	159	248	32	44
9	151	268	28	48
10	139	184	23	35
11	112	189	22	34
12	140	232	27	45
13	144	283	26	50
14	151	310	28	55
15	163	308	30	55
16	159	268	30	48
17	154	190	28	34
18	141	278	26	49
19	133	220	25	42
20	154	331	28	61
21	191	1380	37	300
22	391	1550	71	290
23	184	1046	32	199
24	388	1550	75	280
25	188	624	33	113
26	170	224	30	45
27	128	1400	24	368
28	580	1570	112	290
29	283	550	53	103
30	223	409	38	77
31	188	227	32	46

Abril de 2002

Dias	Cor		Turbidez	
	Bruta		Bruta	
	Mín	Máx	Mín	Máx
1	169	340	35	61
2	190	209	34	38
3	171	331	30	59
4	180	323	34	62
5	188	338	35	62
6	189	334	25	62
7	183	327	36	64
8	210	340	37	62
9	180	334	35	61
10	185	317	34	58
11	194	312	36	61
12	194	332	31	60
13	170	273	33	51
14	169	335	31	61
15	159	222	33	43
16	187	283	34	52
17	186	333	35	60
18	180	321	34	60
19	168	304	26	58
20	155	352	31	66
21	178	292	33	54
22	189	271	35	57
23	101	317	36	59
24	172	307	32	56
25	172	336	31	61
26	171	220	32	40
27	158	210	26	37
28	159	258	29	48
29	152	274	28	49
30	171	259	30	47

Unidades: Cor – uC; Turbidez - uT

Cont. Tabela A9 - Cor e turbidez da água bruta afluente à ETA Fonte Luminosa em de 2002

Maio de 2002

Dias	Cor		Turbidez	
	Bruta		Bruta	
	Mín	Máx	Mín	Máx
1	167	421	31	77
2	165	321	30	58
3	155	435	28	85
4	209	407	40	76
5	206	372	38	68
6	177	268	33	51
7	175	303	34	58
8	163	276	30	50
9	163	234	30	43
10	163	262	30	42
11	141	221	26	41
12	144	196	27	42
13	159	221	31	40
14	154	177	28	32
15	152	224	28	42
16	147	220	26	42
17	135	269	26	49
18	129	249	23	46
19	178	765	32	453
20	325	699	61	124
21	365	560	64	112
22	194	306	36	59
23	173	305	32	52
24	163	269	28	50
25	151	194	28	44
26	151	212	28	36
27	139	242	24	45
28	130	189	24	33
29	124	154	22	29
30	125	152	24	28
31	117	150	22	29

Junho de 2002

Dias	Cor		Turbidez	
	Bruta		Bruta	
	Mín	Máx	Mín	Máx
1	105	156	19	28
2	126	184	22	32
3	114	196	20	36
4	117	135	22	26
5	108	159	20	29
6	115	151	21	27
7	116	158	21	29
8	121	185	23	33
9	124	153	21	27
10	130	159	24	31
11	120	133	22	28
12	114	175	21	31
13	126	154	22	31
14	117	168	22	29
15	125	172	21	28
16	119	142	22	29
17	117	158	21	29
18	123	161	22	31
19	104	149	20	26
20	108	151	20	27
21	112	145	23	28
22	100	140	18	26
23	100	150	22	27
24	115	169	20	31
25	113	155	22	28
26	104	146	23	30
27	103	140	20	28
28	105	157	19	28
29	102	140	19	23
30	103	178	20	31

Julho de 2002

Dias	Cor		Turbidez	
	Bruta		Bruta	
	Mín	Máx	Mín	Máx
1	112	179	21	32
2	117	125	20	24
3	117	174	21	27
4	103	150	20	28
5	93	167	19	30
6	102	142	17	25
7	100	135	20	25
8	94	164	18	30
9	93	156	22	29
10	96	131	18	23
11	43	106	8	17
12	93	144	17	26
13	97	112	16	20
14	91	104	16	20
15	73	109	12	20
16	77	103	13	21
17	78	98	15	19
18	80	138	13	25
19	74	109	13	19
20	73	99	14	20
21	79	96	14	19
22	97	125	17	26
23	93	133	16	25
24	77	96	16	19
25	78	116	15	20
26	84	135	17	25
27	90	132	19	23
28	81	156	17	27
29	83	95	15	18
30	112	137	21	25
31	171	211	32	38

Agosto de 2002

Dias	Cor		Turbidez	
	Bruta		Bruta	
	Mín	Máx	Mín	Máx
1	326	75	62	146
2	71	350	14	64
3	325	974	62	186
4	137	417	24	78
5	63	137	11	27
6	52	786	11	121
7	228	438	38	82
8	159	214	28	37
9	65	200	13	37
10	130	197	24	36
11	75	128	12	21
12	70	121	13	25
13	74	188	22	35
14	78	166	15	30
15	96	179	17	36
16	83	207	16	38
17	119	150	23	28
18	80	138	14	26
19	75	133	14	25
20	101	121	19	22
21	96	117	18	22
22	92	109	17	21
23	92	110	15	20
24	96	115	18	24
25	106	171	21	32
26	97	145	19	27
27	108	125	17	28
28	112	166	20	28
29	113	161	20	27
30	128	276	23	52
31	64	530	13	101

Unidades: Cor - uC; Turbidez - uT

Cont. Tabela A9 - Cor e turbidez da água bruta afluyente à ETA Fonte Luminosa em de 2002

Setembro de 2002

Dias	Cor		Turbidez	
	Bruta		Bruta	
	Mín	Máx	Mín	Máx
1	278	680	53	120
2	142	294	27	54
3	108	217	21	39
4	101	145	18	28
5	89	130	17	24
6	89	177	16	32
7	60	250	11	46
8	114	245	21	27
9	97	161	18	29
10	96	116	18	25
11	96	112	18	23
12	106	133	20	24
13	96	135	18	25
14	87	120	17	23
15	79	140	15	26
16	91	136	16	26
17	119	158	21	31
18	96	143	19	26
19	97	133	18	24
20	106	187	19	33
21	288	652	58	122
22	138	326	25	61
23	125	190	22	55
24	125	185	22	35
25	120	210	27	37
26	117	143	19	26
27	92	123	17	25
28	95	112	18	21
29	98	148	18	24
30	95	181	18	33

Outubro de 2002

Dias	Cor		Turbidez	
	Bruta		Bruta	
	Mín	Máx	Mín	Máx
1	104	200	19	37
2	138	198	24	44
3	96	184	20	33
4	100	168	18	29
5	81	106	16	19
6	85	170	16	29
7	95	130	16	25
8	109	192	20	34
9	128	199	23	28
10	138	171	25	36
11	157	203	27	37
12	155	174	28	31
13	112	196	21	35
14	114	201	20	36
15	149	187	28	33
16	135	184	25	33
17	116	149	20	28
18	83	136	15	28
19	113	141	20	26
20	103	156	18	29
21	88	129	16	23
22	74	113	18	22
23	85	136	16	23
24	88	106	16	20
25	100	129	18	23
26	139	241	25	42
27	80	187	16	34
28	95	126	17	21
29	78	108	16	19
30	92	131	17	23
31	88	171	16	30

Novembro de 2002

Dias	Cor		Turbidez	
	Bruta		Bruta	
	Mín	Máx	Mín	Máx
1	102	139	19	22
2	100	125	16	23
3	94	116	17	21
4	106	136	20	25
5	91	134	19	25
6	107	227	20	42
7	94	199	17	35
8	86	121	15	23
9	90	116	17	23
10	93	136	17	23
11	64	172	13	32
12	87	156	17	30
13	79	137	15	26
14	87	142	18	26
15	90	142	17	26
16	96	130	17	24
17	90	110	16	21
18	179	271	33	50
19	193	###	36	238
20	185	379	84	70
21	170	215	33	41
22	136	238	25	42
23	139	215	25	41
24	149	238	23	51
25	138	268	25	48
26	122	177	24	33
27	143	201	28	36
28	128	199	22	37
29	118	211	22	39
30	155	209	30	36

Dezembro de 2002

Dias	Cor		Turbidez	
	Bruta		Bruta	
	Mín	Máx	Mín	Máx
1	163	257	30	61
2	169	265	28	44
3	193	413	35	77
4	198	308	37	57
5	205	409	37	75
6	150	255	23	47
7	166	630	29	112
8	720	###	145	337
9	290	678	52	126
10	180	295	33	54
11	151	189	30	42
12	155	268	31	49
13	127	203	24	37
14	131	241	20	42
15	123	199	23	36
16	136	810	25	162
17	334	580	62	116
18	245	498	45	95
19	162	252	30	44
20	139	245	27	42
21	137	###	22	247
22	512	###	109	240
23	214	496	39	94
24	189	333	34	62
25	271	###	52	184
26	159	339	30	64
27	142	178	27	33
28	140	226	25	41
29	130	189	22	32
30	131	234	24	41
31	130	183	22	35

Unidades: Cor – uC; Turbidez - uT

Tabela A10 - Cor, turbidez, cloro e fluor da água bruta e tratada na ETA Fonte Luminosa em 2003

Janeiro de 2003

Dias	Cor		Turbidez						Cloro				Flúor			
	Bruta		Bruta		R1		R2		R1		R2		R1		R2	
	Mín	Máx	Mín	Máx	Mín	Máx	Mín	Máx	Mín	Máx	Mín	Máx	Mín	Máx	Mín	Máx
1	171	350	32	62	0,10	0,59	0,12	0,52	0,6	1,2	0,9	1,2	0,61	0,95	0,60	1,04
2	183	457	34	86	0,15	0,60	0,10	0,42	0,8	1,3	0,9	1,3	0,60	0,92	0,63	0,88
3	207	455	38	86	0,11	0,71	0,16	0,69	0,9	1,2	0,9	1,2	0,77	0,95	0,64	1,04
4	229	516	42	105	0,18	0,69	0,11	0,58	0,5	1,2	0,8	1,2	0,78	0,86	0,73	0,91
5	373	910	74	166	0,10	2,00	0,11	0,61	0,6	1,2	0,7	1,2	0,62	0,97	0,56	0,95
6	472	2430	88	486	0,27	4,00	0,40	1,10	0,7	1,2	1,0	1,2	0,69	1,02	0,68	0,94
7	194	395	35	73	0,31	3,00	0,20	0,80	0,7	1,2	0,8	1,2	0,51	0,93	0,50	0,97
8	179	229	33	49	0,18	0,75	0,17	0,67	0,7	1,2	0,8	1,2	0,61	0,88	0,53	0,93
9	154	236	30	42	0,10	0,65	0,12	0,52	0,7	1,2	0,8	1,2	0,60	1,10	0,66	1,00
10	140	242	28	45	0,10	0,70	0,11	0,60	0,8	1,2	1,0	1,2	0,60	0,90	0,63	1,12
11	203	946	37	195	0,17	0,83	0,20	0,80	0,7	1,2	0,4	1,2	0,61	0,96	0,72	0,95
12	234	541	46	103	0,19	0,71	0,18	0,50	0,6	1,2	0,9	1,2	0,60	0,98	0,63	0,83
13	211	410	39	82	0,16	0,85	0,11	0,91	1,0	1,3	1,0	1,3	0,61	1,56	0,69	0,98
14	189	286	35	64	0,10	0,81	0,14	0,83	0,9	1,3	1,0	1,3	0,59	1,09	0,62	0,93
15	166	236	31	42	0,10	0,62	0,10	0,73	0,9	1,2	0,9	1,2	0,62	0,90	0,52	0,93
16	164	349	29	66	0,10	0,76	0,12	0,55	0,8	1,2	0,9	1,2	0,55	0,84	0,51	0,87
17	192	860	33	168	0,10	0,66	0,10	0,50	0,8	1,3	1,0	1,3	0,61	0,87	0,53	0,85
18	248	681	46	122	0,10	0,48	0,10	0,69	0,2	1,3	0,4	1,3	0,61	1,10	0,60	0,96
19	171	354	33	66	0,10	0,33	0,13	0,40	0,7	1,3	0,9	1,3	0,61	1,19	0,59	0,96
20	187	688	36	115	0,11	0,56	0,14	0,44	0,5	1,2	0,8	1,2	0,66	1,00	0,65	1,00
21	147	225	28	41	0,10	1,30	0,13	1,20	0,8	1,2	0,9	1,2	0,60	0,85	0,40	0,96
22	461	2027	88	366	0,13	0,86	0,20	0,88	1,2	1,3	1,0	1,3	0,65	1,10	0,58	0,92
23	285	1630	54	132	0,15	0,89	0,18	0,73	0,7	1,2	0,9	1,2	0,58	1,00	0,63	0,94
24	462	1712	86	315	0,10	0,98	0,13	0,62	0,9	1,3	0,8	1,2	0,58	0,89	0,57	0,83
25	279	1244	52	227	0,17	0,91	0,16	0,55	0,5	1,3	0,6	1,3	0,52	0,96	0,60	0,84
26	179	380	33	74	0,10	0,51	0,11	0,54	0,8	1,3	1,0	1,3	0,61	0,96	0,61	0,80
27	164	277	29	52	0,26	0,84	0,15	0,86	0,9	1,3	1,0	1,2	0,63	1,01	0,62	0,91
28	366	765	70	135	0,18	0,71	0,23	0,59	0,8	1,2	0,7	1,3	0,63	1,10	0,61	1,00
29	279	646	52	116	0,13	0,60	0,15	0,53	0,8	1,2	0,9	1,2	0,60	0,95	0,60	0,92
30	223	439	40	85	0,12	0,59	0,16	0,53	0,9	1,2	1,0	1,2	0,63	1,00	0,59	1,01
31	241	499	47	93	0,10	0,95	0,12	0,50	0,8	1,2	1,0	1,2	0,65	0,89	0,66	0,83

Unidades: Cor – uC; Turbidez – uT; Cloro – mg/L; Flúor – mg/L

Cont. Tabela A10 - Cor, turbidez, cloro e fluor da água bruta e tratada na ETA Fonte Luminosa em 2003

Fevereiro de 2003

Dias	Cor		Turbidez						Cloro				Flúor			
	Bruta		Bruta		R1		R2		R1		R2		R1		R2	
	Mín	Máx	Mín	Máx	Mín	Máx	Mín	Máx	Mín	Máx	Mín	Máx	Mín	Máx	Mín	Máx
1	193	267	38	50	0,12	0,26	0,12	0,60	0,8	1,2	0,8	1,2	0,51	0,80	0,50	0,87
2	175	229	30	40	0,11	0,57	0,12	0,43	0,6	1,2	0,5	1,2	0,63	0,91	0,51	0,82
3	141	211	25	37	0,10	0,71	0,10	0,46	0,8	1,2	0,8	1,2	0,55	0,81	0,54	0,78
4	127	182	27	35	0,15	0,45	0,12	0,38	0,7	1,2	0,9	1,3	0,61	1,20	0,62	1,00
5	140	193	26	53	0,15	0,53	0,14	0,77	0,8	1,2	0,8	1,2	0,60	0,88	0,61	0,89
6	143	209	27	57	0,13	0,53	0,11	0,47	1,0	1,2	1,0	1,2	0,61	0,82	0,61	0,81
7	138	252	23	47	0,16	0,71	0,10	0,46	1,0	1,3	1,0	1,3	0,60	0,93	0,60	0,89
8	122	230	23	45	0,10	0,33	0,11	0,33	0,8	1,3	1,0	1,3	0,60	0,96	0,58	0,96
9	149	153	25	27	0,16	0,74	0,11	0,47	0,8	1,2	0,8	1,2	0,60	0,81	0,59	0,85
10	111	190	21	33	0,17	0,42	0,10	0,40	0,7	1,2	0,9	1,2	0,56	0,96	0,58	0,86
11	113	133	21	25	0,33	0,60	0,15	0,66	0,9	1,2	0,6	1,2	0,67	0,86	0,59	0,80
12	128	188	21	35	0,18	0,57	0,12	0,40	0,7	1,2	0,8	1,2	0,51	0,88	0,55	0,93
13	170	301	30	59	0,10	0,44	0,13	0,49	0,8	1,2	0,8	1,2	0,60	0,91	0,57	0,89
14	184	758	34	59	0,10	0,48	0,13	0,62	0,4	1,2	0,4	1,2	0,57	0,87	0,58	0,91
15	156	270	30	49	0,15	0,58	0,15	0,56	0,8	1,2	0,8	1,2	0,58	0,88	0,55	0,83
16	124	164	24	31	0,20	0,54	0,13	0,39	0,8	1,2	0,8	1,2	0,60	0,85	0,57	0,92
17	127	912	22	151	0,16	0,89	0,10	0,81	0,7	1,2	0,6	1,2	0,54	0,89	0,58	0,87
18	255	626	47	116	0,25	0,51	0,11	0,48	0,8	1,2	0,8	1,2	0,53	0,91	0,50	0,88
19	165	346	32	64	0,10	0,68	0,11	0,93	0,9	1,2	1,0	1,2	0,43	0,92	0,51	0,96
20	151	1125	24	204	0,15	0,65	0,14	0,69	0,3	1,2	0,3	1,2	0,31	1,13	0,58	0,88
21	323	1293	61	237	0,10	0,57	0,10	0,49	0,8	1,2	0,8	1,2	0,58	1,00	0,63	1,00
22	172	409	32	76	0,11	0,89	0,12	0,85	1,0	1,2	0,9	1,2	0,63	0,98	0,60	1,00
23	129	205	25	37	0,10	0,51	0,11	0,40	0,7	1,2	0,7	1,2	0,54	0,92	0,59	0,87
24	120	154	23	28	0,15	0,55	0,15	0,87	0,8	1,2	1,0	1,2	0,62	1,00	0,58	0,96
25	109	152	22	40	0,10	0,54	0,15	0,23	0,8	1,2	0,9	1,2	0,65	1,25	0,60	0,98
26	116	170	22	31	0,16	0,50	0,10	0,42	0,9	1,2	1,0	1,2	0,36	1,16	0,63	1,00
27	105	211	20	38	0,10	0,36	0,15	0,27	0,8	1,5	0,8	1,3	0,51	1,12	0,46	1,09
28	110	165	20	33	0,10	0,67	0,10	0,70	0,3	1,2	0,3	1,2	0,54	0,90	0,60	0,77

Unidades: Cor – uC; Turbidez – uT; Cloro – mg/L; Flúor – mg/L

Cont. Tabela A10 - Cor, turbidez, cloro e fluor da água bruta e tratada na ETA Fonte Luminosa em 2003

Março de 2003

Dias	Cor		Turbidez						Cloro				Flúor			
	Bruta		Bruta		R1		R2		R1		R2		R1		R2	
	Mín	Máx	Mín	Máx	Mín	Máx	Mín	Máx	Mín	Máx	Mín	Máx	Mín	Máx	Mín	Máx
1	105	202	20	36	0,10	0,38	0,10	0,36	0,8	1,2	0,8	1,2	0,65	1,19	0,60	1,00
2	94	125	17	23	0,10	0,29	0,10	0,30	0,9	1,2	0,8	1,2	0,70	1,49	0,60	1,37
3	106	1074	22	213	0,10	0,45	0,11	0,35	1,0	1,2	0,8	1,2	0,58	1,02	0,51	0,95
4	315	572	58	103	0,17	0,39	0,15	0,35	0,9	1,2	1,0	1,2	0,77	1,07	0,68	1,19
5	166	374	30	69	0,10	0,41	0,12	0,40	0,8	1,2	0,9	1,2	0,67	1,10	0,51	0,87
6	123	372	23	77	0,10	0,30	0,10	0,32	0,7	1,2	0,7	1,2	0,55	0,91	0,54	0,92
7	164	421	32	77	0,10	0,33	0,10	0,24	0,7	1,2	0,8	1,2	0,46	0,94	0,60	1,80
8	181	428	33	78	0,11	0,38	0,13	0,35	0,8	1,2	0,8	1,2	0,65	0,93	0,58	0,99
9	158	276	30	52	0,13	0,31	0,10	0,31	0,8	1,2	0,8	1,2	0,60	0,91	0,61	0,86
10	132	750	24	138	0,10	0,39	0,11	0,52	0,9	1,2	1,0	1,2	0,51	1,10	0,47	0,95
11	327	755	61	118	0,10	0,47	0,13	0,50	0,7	1,2	0,8	1,2	0,67	0,91	0,55	0,89
12	172	351	31	64	0,10	0,31	0,13	0,36	0,9	1,2	0,4	1,2	0,66	1,00	0,59	0,91
13	112	372	22	70	0,13	0,30	0,11	0,45	1,0	1,2	0,9	1,2	0,69	0,93	0,60	0,98
14	173	386	33	71	0,10	0,57	0,11	0,36	0,8	1,2	0,8	1,2	0,66	0,90	0,65	0,87
15	92	171	19	28	0,15	0,26	0,14	0,26	0,7	1,2	0,9	1,2	0,67	0,91	0,65	0,89
16	97	121	17	21	0,10	0,26	0,11	0,32	0,6	1,2	0,7	1,2	0,63	0,89	0,57	0,92
17	81	110	13	21	0,13	0,35	0,12	0,33	0,7	1,2	0,8	1,2	0,62	0,95	0,55	0,85
18	108	121	20	24	0,16	0,45	0,13	0,28	0,8	1,2	0,7	1,2	0,64	0,90	0,58	0,95
19	109	223	22	39	0,10	0,41	0,10	0,44	0,6	1,2	0,9	1,2	0,48	0,95	0,55	0,89
20	101	209	20	38	0,10	0,53	0,11	0,44	0,7	1,2	0,9	1,2	0,55	0,93	0,61	0,95
21	112	176	22	36	0,14	0,45	0,16	0,52	1,0	1,2	0,8	1,2	0,55	0,86	0,59	0,88
22	106	204	20	29	0,20	0,45	0,12	0,35	0,9	1,2	1,1	1,2	0,65	1,00	0,62	0,89
23	102	179	18	32	0,15	0,37	0,13	0,34	1,0	1,2	1,1	1,2	0,62	0,90	0,50	0,93
24	94	143	18	27	0,15	0,60	0,10	0,58	0,8	1,2	0,9	1,2	0,60	0,88	0,55	0,83
25	111	171	20	31	0,10	0,40	0,16	0,45	0,8	1,2	0,9	1,2	0,60	0,94	0,61	0,86
26	99	136	20	25	0,10	0,66	0,13	0,57	0,5	1,2	1,0	1,2	0,66	2,00	0,61	2,00
27	97	216	19	39	0,17	0,68	0,11	0,41	0,9	1,2	1,0	1,2	0,55	1,86	0,60	0,94
28	99	157	18	29	0,10	0,47	0,10	0,39	0,4	1,2	0,6	1,2	0,56	0,80	0,65	0,87
29	101	132	19	24	0,15	0,50	0,13	0,34	0,5	1,2	0,4	1,2	0,67	1,15	0,59	1,08
30	88	144	17	26	0,10	0,33	0,11	0,28	0,3	1,3	0,7	1,3	0,58	0,94	0,58	0,88
31	94	126	17	22	0,14	0,44	0,14	0,45	0,7	1,2	1,0	1,2	0,57	0,90	0,53	0,80

Unidades: Cor – uC; Turbidez – uT; Cloro – mg/L; Flúor – mg/L

Cont. Tabela A10 - Cor, turbidez, cloro e fluor da água bruta e tratada na ETA Fonte Luminosa em 2003

Abril de 2003

Dias	Cor		Turbidez						Cloro				Flúor			
	Bruta		Bruta		R1		R2		R1		R2		R1		R2	
	Mín	Máx	Mín	Máx	Mín	Máx	Mín	Máx	Mín	Máx	Mín	Máx	Mín	Máx	Mín	Máx
1	85	136	17	24	0,13	0,48	0,10	0,40	0,8	1,2	0,9	1,2	0,60	0,70	0,58	0,72
2	94	134	18	24	0,10	0,78	0,10	0,74	0,6	1,2	1,0	1,2	0,60	0,92	0,63	0,90
3	82	145	18	29	0,13	0,27	0,12	0,45	0,6	1,3	0,9	1,3	0,57	1,83	0,58	0,93
4	94	2020	20	356	0,13	0,51	0,10	0,36	0,6	1,2	0,9	1,2	0,51	0,85	0,61	0,82
5	414	1776	77	310	0,14	0,49	0,10	0,55	0,7	1,2	0,8	1,2	0,60	0,95	0,57	0,90
6	218	431	40	81	0,17	0,37	0,16	0,41	0,8	1,2	1,1	1,2	0,53	0,89	0,57	0,92
7	119	219	25	40	0,11	0,45	0,12	0,26	0,5	1,2	0,5	1,2	0,58	0,96	0,59	0,91
8	110	159	20	31	0,12	0,48	0,10	0,42	0,7	1,2	0,8	1,2	0,53	0,88	0,57	0,91
9	97	183	18	34	0,17	0,54	0,10	0,35	0,7	1,2	0,8	1,2	0,56	0,91	0,52	0,89
10	92	167	18	28	0,15	0,62	0,13	0,39	0,7	1,2	1,0	1,2	0,61	0,87	0,60	0,92
11	91	167	20	30	0,13	0,40	0,12	0,38	0,8	1,2	1,1	1,2	0,61	0,85	0,60	0,95
12	105	137	20	25	0,13	0,78	0,13	0,55	0,7	1,2	1,0	1,2	0,61	0,88	0,60	0,81
13	101	129	19	22	0,11	0,43	0,11	0,40	0,7	1,2	0,9	1,2	0,61	0,99	0,65	0,86
14	99	117	18	20	0,13	0,63	0,12	0,51	0,7	1,2	0,9	1,2	0,60	0,93	0,62	0,89
15	89	97	15	18	0,15	0,47	0,15	0,56	0,7	1,2	0,8	1,2	0,60	0,87	0,45	0,92
16	89	116	17	21	0,17	0,56	0,13	0,66	0,7	1,2	0,9	1,2	0,66	0,91	0,53	0,85
17	85	119	15	21	0,11	0,36	0,10	0,30	0,7	1,2	0,8	1,1	0,55	0,89	0,50	0,80
18	88	116	16	22	0,10	0,50	0,13	0,35	0,7	1,2	0,8	1,2	0,57	0,88	0,56	0,81
19	85	294	17	54	0,15	0,74	0,11	0,76	0,7	1,2	1,0	1,2	0,54	0,83	0,61	0,79
20	142	355	26	65	0,10	0,58	0,11	0,28	0,6	1,2	0,8	1,2	0,49	0,85	0,53	0,83
21	95	154	17	27	0,10	0,45	0,14	0,48	0,7	1,2	0,8	1,2	0,68	0,91	0,60	0,88
22	88	103	17	20	0,15	0,59	0,15	0,38	0,8	1,2	0,8	1,2	0,60	0,92	0,50	0,88
23	90	109	17	23	0,14	0,71	0,14	0,28	0,7	1,2	0,8	1,2	0,66	0,97	0,54	0,93
24	80	151	15	26	0,10	0,64	0,14	0,60	0,7	1,2	1,0	1,2	0,52	0,94	0,51	0,90
25	83	163	16	30	0,13	0,36	0,10	0,33	0,8	1,2	1,0	1,2	0,65	0,92	0,52	0,85
26	87	98	16	18	0,15	0,49	0,12	0,26	0,7	1,2	0,8	1,2	0,63	0,85	0,60	0,88
27	88	145	17	27	0,15	0,75	0,11	0,57	0,4	1,2	0,9	1,2	0,61	0,90	0,56	0,86
28	84	164	15	30	0,13	0,22	0,13	0,28	0,6	1,2	0,8	1,2	0,58	0,81	0,65	0,91
29	75	138	15	25	0,12	0,32	0,10	0,28	0,7	1,1	1,0	1,2	0,50	0,95	0,41	0,84
30	79	178	15	32	0,10	0,57	0,10	0,37	0,6	1,2	0,9	1,2	0,69	0,95	0,58	1,11

Unidades: Cor – uC; Turbidez – uT; Cloro – mg/L; Flúor – mg/L

Cont. Tabela A10 - Cor, turbidez, cloro e fluor da água bruta e tratada na ETA Fonte Luminosa em 2003

Maio de 2003

Dias	Cor		Turbidez						Cloro				Flúor			
	Bruta		Bruta		R1		R2		R1		R2		R1		R2	
	Mín	Máx	Mín	Máx	Mín	Máx	Mín	Máx	Mín	Máx	Mín	Máx	Mín	Máx	Mín	Máx
1	72	103	15	19	0,10	0,31	0,11	0,29	0,7	1,2	0,9	1,2	0,55	0,81	0,59	0,81
2	80	104	16	19	0,13	0,37	0,10	0,32	0,7	1,2	0,8	1,2	0,56	0,91	0,58	0,91
3	85	139	16	32	0,10	0,26	0,11	0,24	0,7	1,2	1,0	1,2	0,55	0,81	0,54	0,92
4	73	161	15	29	0,13	0,48	0,13	0,32	0,8	1,2	1,0	1,2	0,59	0,90	0,49	0,90
5	70	124	15	24	0,15	0,43	0,14	0,36	0,7	1,2	0,8	1,2	0,60	0,89	0,58	0,91
6	109	875	20	175	0,10	0,24	0,11	0,25	0,7	1,2	0,9	1,2	0,58	0,93	0,48	0,77
7	162	389	30	72	0,14	0,49	0,13	0,28	0,4	1,2	0,5	1,2	0,60	1,40	0,67	1,00
8	93	150	17	33	0,10	0,66	0,13	0,53	0,6	1,2	0,5	1,2	0,59	0,80	0,57	0,83
9	76	130	14	23	0,13	0,53	0,13	0,25	0,7	1,2	0,7	1,2	0,61	0,87	0,51	2,09
10	69	108	14	20	0,14	0,75	0,16	0,47	0,6	1,2	1,0	1,2	0,54	0,75	0,51	0,73
11	71	121	14	19	0,13	0,28	0,10	0,26	0,5	1,2	0,8	1,2	0,29	0,96	0,27	0,98
12	71	97	13	17	0,13	0,41	0,10	0,25	0,7	1,2	1,0	1,2	0,53	0,91	0,38	0,85
13	73	87	14	17	0,12	0,23	0,11	0,24	0,7	1,2	1,0	1,2	0,65	0,92	0,60	0,86
14	72	113	12	21	0,13	0,24	0,14	0,28	0,6	1,2	0,8	1,2	0,65	0,94	0,60	0,85
15	68	127	13	23	0,12	0,57	0,10	0,32	1,0	1,2	1,0	1,2	0,60	0,86	0,54	0,84
16	63	100	13	17	0,10	0,38	0,10	0,66	0,9	1,2	1,0	1,2	0,59	0,84	0,56	0,77
17	78	102	15	18	0,10	0,50	0,10	0,50	0,6	1,2	0,9	1,2	0,52	0,77	0,41	1,28
18	79	99	15	18	0,10	0,60	0,12	0,21	0,5	1,2	0,5	1,2	0,51	0,91	0,46	0,87
19	70	144	23	26	0,13	0,47	0,12	0,35	0,6	1,2	0,8	1,2	0,53	0,95	0,54	0,87
20	62	122	13	22	0,17	0,54	0,10	0,56	0,7	1,2	0,8	1,2	0,61	1,10	0,62	0,92
21	67	121	13	22	0,16	0,53	0,10	0,36	0,3	1,2	0,3	1,1	0,58	0,87	0,52	0,91
22	66	137	12	25	0,10	0,41	0,10	0,31		1,2		1,2	0,61	1,00	0,59	0,90
23	70	612	14	110	0,17	0,67	0,13	0,34	0,1	1,1	0,3	1,1	0,60	0,85	0,60	0,86
24	76	1090	15	203	0,17	0,61	0,11	0,48	0,5	1,2	1,0	1,2	0,51	0,90	0,57	0,74
25	125	305	23	55	0,13	0,38	0,10	0,55	0,5	1,2	0,9	1,2	0,60	0,92	0,60	0,94
26	81	155	15	29	0,10	0,47	0,12	0,29	0,8	1,2	0,8	1,2	0,61	0,88	0,58	0,78
27	76	103	14	19	0,19	0,55	0,15	0,50	0,7	1,2	1,0	1,2	0,58	0,88	0,54	0,67
28	76	101	14	18	0,10	0,60	0,13	0,47	0,6	1,2	1,0	1,2	0,61	0,85	0,54	0,80
29	60	96	13	18	0,10	0,50	0,14	0,42	0,7	1,2	1,0	1,2	0,55	0,98	0,60	0,99
30	66	89	13	46	0,14	0,89	0,10	0,56	0,8	1,2	1,2	1,2	0,61	0,94	0,60	0,90
31	59	78	13	14	0,15	0,49	0,13	0,35	0,7	1,2	0,8	1,2	0,73	0,93	0,60	0,85

Unidades: Cor – uC; Turbidez – uT; Cloro – mg/L; Flúor – mg/L

Cont. Tabela A10 - Cor, turbidez, cloro e fluor da água bruta e tratada na ETA Fonte Luminosa em 2003

Junho de 2003

Dias	Cor		Turbidez						Cloro				Flúor			
	Bruta		Bruta		R1		R2		R1		R2		R1		R2	
	Mín	Máx	Mín	Máx	Mín	Máx	Mín	Máx	Mín	Máx	Mín	Máx	Mín	Máx	Mín	Máx
1	64	87	13	16	0,30	0,59	0,13	0,46	0,7	1,2	1,0	1,2	0,57	1,00	0,53	0,90
2	72	117	14	21	0,10	0,51	0,43	0,80	0,8	1,0	1,2	1,2	0,59	0,83	0,63	0,78
3	73	111	14	21	0,14	0,70	0,10	0,61	0,4	1,2	0,4	1,2	0,62	1,00	0,59	0,85
4	68	92	15	18	0,14	0,51	0,10	0,41	0,8	1,2	0,8	1,2	0,53	0,95	0,62	0,90
5	72	242	13	22	0,29	0,67	0,14	0,46	0,7	1,2	0,9	1,2	0,66	0,91	0,67	0,90
6	113	249	22	44	0,14	0,53	0,10	0,31	0,8	1,2	0,8	1,2	0,53	0,99	0,65	0,91
7	86	186	16	32	0,18	0,73	0,10	0,58	0,7	1,2	0,6	1,2	0,61	1,04	0,56	1,02
8	71	108	14	20	0,18	0,62	0,11	0,34	0,7	1,2	0,8	1,2	0,75	0,91	0,60	1,08
9	76	112	15	20	0,20	0,49	0,15	0,50	1,0	1,2	1,0	1,2	0,65	1,05	0,62	0,92
10	76	97	14	20	0,17	0,80	0,10	0,26	0,7	1,2	1,0	1,2	0,60	0,95	0,60	0,91
11	85	138	17	25	0,16	0,46	0,13	0,38	0,7	1,2	0,9	1,2	0,61	1,00	0,61	0,85
12	74	154	14	28	0,10	0,80	0,11	0,32	0,6	1,2	0,5	1,2	0,65	0,82	0,60	0,86
13	89	109	16	20	0,12	0,47	0,10	0,50	0,7	1,2	0,8	1,2	0,55	0,68	0,51	0,76
14	74	126	14	27	0,18	0,45	0,13	0,37	0,7	1,2	1,0	1,2	0,61	0,90	0,54	0,86
15	68	128	14	23	0,17	0,77	0,12	0,57	0,6	1,2	0,9	1,2	0,60	0,82	0,52	0,77
16	77	130	15	25	0,10	0,33	0,12	0,36	0,8	1,2	1,0	1,2	0,68	1,00	0,49	0,90
17	77	102	14	20	0,19	0,55	0,14	0,41	0,7	1,2	0,8	1,2	0,67	0,92	0,60	0,86
18	81	141	16	26	0,13	0,61	0,10	0,78	0,7	1,2	0,6	1,0	0,55	1,00	0,55	0,97
19	81	121	16	22	0,16	0,36	0,10	0,31	0,9	1,2	1,0	1,2	0,54	1,00	0,50	0,90
20	78	135	15	24	0,16	0,42	0,12	0,31	0,7	1,2	1,0	1,2	0,65	0,93	0,60	0,86
21	88	152	14	28	0,10	0,61	0,14	0,48	0,7	1,2	0,8	1,2	0,56	0,96	0,47	0,95
22	92	125	18	23	0,14	0,49	0,10	0,38	0,7	1,2	0,8	1,2	0,63	0,91	0,57	0,98
23	82	111	16	20	0,13	0,71	0,10	0,53	0,7	1,2	1,0	1,2	0,71	0,96	0,63	0,85
24	85	110	16	20	0,30	0,73	0,15	0,53	0,7	1,2	0,8	1,2	0,51	1,00	0,61	0,94
25	82	104	15	20	0,19	1,00	0,12	0,84	0,6	1,2	1,1	1,2	0,64	0,93	0,53	1,06
26	70	113	14	19	0,36	0,76	0,13	0,80	0,7	1,2	1,0	1,2	0,66	1,00	0,47	0,87
27	77	115	14	20	0,34	0,91	0,15	0,93	0,6	1,2	0,8	1,2	0,66	1,10	0,70	1,03
28	70	99	13	18	0,13	0,65	0,10	0,48	0,7	1,2	1,0	1,2	0,65	0,99	0,65	0,83
29	78	118	14	21	0,14	0,45	0,10	0,56	0,8	1,2	0,8	1,2	0,65	0,88	0,56	0,78
30	63	79	13	16	0,10	0,96	0,10	0,66	0,8	1,2	0,8	1,2	0,67	0,95	0,60	0,80

Unidades: Cor – uC; Turbidez – uT; Cloro – mg/L; Flúor – mg/L

Cont. Tabela A10 - Cor, turbidez, cloro e fluor da água bruta e tratada na ETA Fonte Luminosa em 2003

Julho de 2003

Dias	Cor		Turbidez						Cloro				Flúor			
	Bruta		Bruta		R1		R2		R1		R2		R1		R2	
	Mín	Máx	Mín	Máx	Mín	Máx	Mín	Máx	Mín	Máx	Mín	Máx	Mín	Máx	Mín	Máx
1	65	92	12	16	0,15	0,98	0,15	0,96	0,3	1,2	0,5	1,2	0,52	1,36	0,58	1,53
2	67	105	13	21	0,15	0,93	0,15	0,60	0,6	1,2	0,9	1,4	0,60	0,87	0,57	0,80
3	61	100	13	18	0,31	0,98	0,10	0,78	0,5	1,2	0,5	1,2	0,61	0,84	0,58	0,71
4	61	101	11	17	0,13	0,90	0,10	0,83	0,7	1,2	1,0	1,2	0,51	0,92	0,43	0,95
5	66	90	12	18	0,17	0,90	0,15	0,88	1,0	1,2	1,0	1,2	0,68	0,90	0,62	0,80
6	61	108	15	19	0,28	0,92	0,12	0,85	0,9	1,2	1,2	1,2	0,54	0,88	0,67	0,79
7	61	94	15	17	0,12	0,90	0,14	0,64	1,0	1,2	1,1	1,2	0,44	0,86	0,31	0,86
8	66	98	12	17	0,12	0,86	0,14	0,77	0,8	1,2	1,0	1,2	0,51	0,83	0,46	0,89
9	69	99	12	18	0,10	0,73	0,13	0,52	0,7	1,2	1,0	1,2	0,57	0,97	0,60	0,79
10	63	117	12	22	0,14	0,73	0,12	0,62	0,7	1,2	1,0	1,2	0,52	1,77	0,45	1,80
11	65	108	13	20	0,17	0,59	0,11	0,54	0,9	1,2	1,0	1,2	0,45	0,87	0,52	0,73
12	84	107	13	19	0,13	0,57	0,10	0,47	0,8	1,2	0,9	1,2	0,60	1,00	0,62	0,84
13	62	110	12	22	0,10	0,38	0,13	0,68	0,7	1,2	0,9	1,2	0,57	0,90	0,60	0,88
14	71	97	13	19	0,15	0,66	0,17	0,68	0,7	1,2	1,0	1,2	0,56	0,91	0,59	0,90
15	75	100	15	19	0,13	0,28	0,12	0,26	0,6	1,2	1,0	1,2	0,57	0,79	0,60	0,86
16	63	114	14	20	0,14	0,92	0,13	0,78	0,6	1,2	1,0	1,2	0,57	0,81	0,60	0,82
17	63	132	13	24	0,19	0,64	0,12	0,68	0,7	1,2	1,0	1,2	0,64	0,84	0,50	0,79
18	64	101	13	19	0,13	0,65	0,13	0,42	0,6	1,2	1,0	1,2	0,58	0,95	0,60	0,85
19	70	114	13	20	0,11	0,56	0,11	0,75	0,8	1,2	1,0	1,2	0,68	0,91	0,66	0,90
20	70	109	13	19	0,14	0,62	0,10	0,55	0,6	1,2	0,8	1,2	0,66	1,04	0,63	0,80
21	65	102	12	19	0,23	0,89	0,24	0,61	0,8	1,2	1,0	1,2	0,49	0,95	0,53	0,90
22	61	87	12	17	0,25	0,88	0,17	0,68	0,3	1,2	0,3	1,2	0,63	0,96	0,55	0,87
23	33	81	7	15	0,18	0,65	0,15	0,53	0,6	1,2	0,8	1,2	0,66	1,05	0,60	1,00
24	68	98	13	18	0,19	0,76	0,17	0,55	1,0	1,2	1,1	1,2	0,70	1,01	0,64	0,98
25	56	85	11	18	0,17	0,56	0,17	0,51	0,7	1,2	0,9	1,2	0,53	0,98	0,65	0,92
26	58	84	12	17	0,40	0,64	0,19	0,48	0,7	1,2	1,0	1,2	0,60	0,95	0,51	0,90
27	60	85	12	16	0,21	0,77	0,10	0,75	0,9	1,2	0,9	1,2	0,67	0,83	0,67	0,89
28	69	113	13	20	0,14	0,64	0,10	0,63	0,6	1,2	0,8	1,2	0,60	0,94	0,51	0,92
29	69	111	13	17	0,11	0,51	0,10	0,44	0,5	1,2	0,7	1,2	0,68	1,00	0,60	0,91
30	80	117	16	19	0,10	0,49	0,10	0,39	0,5	1,2	1,0	1,2	0,56	0,98	0,60	1,00
31	70	106	13	19	0,11	0,59	0,10	0,30	0,5	1,2	0,5	1,2	0,56	1,40	0,42	0,92

Unidades: Cor – uC; Turbidez – uT; Cloro – mg/L; Flúor – mg/L

Cont. Tabela A10 - Cor, turbidez, cloro e fluor da água bruta e tratada na ETA Fonte Luminosa em 2003

Agosto de 2003

Dias	Cor		Turbidez						Cloro				Flúor			
	Bruta		Bruta		R1		R2		R1		R2		R1		R2	
	Mín	Máx	Mín	Máx	Mín	Máx	Mín	Máx	Mín	Máx	Mín	Máx	Mín	Máx	Mín	Máx
1	70	99	13	17	0,11	0,50	0,10	0,30	0,6	1,2	0,8	1,2	0,40	1,03	0,47	0,99
2	47	87	11	15	0,12	0,67	0,10	0,27	0,5	1,3	0,8	1,3	0,70	1,00	0,41	0,96
3	40	95	9	17	0,10	0,70	0,11	0,25	0,8	1,3	1,1	1,3	0,51	0,84	0,58	0,77
4	53	80	10	14	0,11	0,71	0,12	0,55	0,9	1,3	0,9	1,3	0,53	1,15	0,50	0,74
5	60	82	11	18	0,10	0,58	0,10	0,51	0,5	1,1	0,8	1,2	0,65	1,29	0,45	1,13
6	69	103	13	20	0,12	0,69	0,10	0,58	0,5	1,3	1,0	1,3	0,70	1,16	0,60	0,92
7	78	124	10	20	0,12	0,82	0,13	0,70	0,4	2,0	0,7	1,5	0,51	0,93	0,63	0,80
8	89	128	15	23	0,15	0,68	0,11	0,75	0,3	1,0	0,2	0,9	0,58	1,14	0,50	1,00
9	73	156	14	28	0,22	0,69	0,33	0,77	0,2	1,9	0,1	1,4	0,50	1,10	0,60	0,85
10	82	95	13	17	0,26	0,88	0,27	0,81	0,6	1,1	0,1	0,9	0,51	0,96	0,55	0,85
11	88	137	17	31	0,15	0,70	0,10	0,71	0,4	1,3	0,1	0,9	0,53	1,38	0,55	0,97
12	56	123	12	21	0,10	0,75	0,12	0,71	0,1	1,8	0,1	2,0	0,53	0,80	0,51	0,89
13	60	120	10	22	0,24	0,96	0,22	0,90	0,5	1,5	0,5	1,7	0,22	1,35	0,36	0,98
14	64	101	12	19	0,44	0,97	0,20	0,98	0,3	1,5	0,6	1,6	0,56	0,97	0,50	0,68
15	75	90	14	21	0,21	0,83	0,10	0,84	0,5	1,6	0,7	1,5	0,53	1,88	0,53	2,20
16	74	116	14	22	0,34	0,87	0,28	0,66	0,5	1,4	0,7	1,4	0,51	1,02	0,50	0,86
17	64	131	13	25	0,22	0,81	0,14	0,80	0,8	1,4	0,8	1,4	0,51	0,96	0,33	1,17
18	63	103	14	23	0,11	0,43	0,12	0,36	0,6	1,4	1,0	1,4	0,51	0,97	0,50	1,59
19	61	106	12	20	0,12	0,67	0,11	0,48	0,8	1,5	1,0	1,7	0,50	0,76	0,50	0,89
20	64	107	14	19	0,10	0,58	0,10	0,51	0,7	1,3	0,9	1,7	0,59	0,87	0,56	0,96
21	58	135	15	24	0,10	0,85	0,14	0,46	0,7	1,4	0,9	1,6	0,50	2,02	0,40	0,97
22	61	105	11	21	0,13	0,79	0,11	0,53	0,3	1,2	0,3	1,4	0,33	1,05	0,21	0,83
23	74	102	14	19	0,12	0,76	0,14	0,52	0,8	1,5	0,8	1,5	0,46	1,18	0,48	1,32
24	43	90	8	15	0,12	0,81	0,13	0,52	0,7	1,3	0,8	1,6	0,55	1,10	0,42	0,89
25	42	112	8	20	0,12	0,76	0,11	0,57	0,8	1,4	0,7	1,2	0,33	0,81	0,51	0,82
26	77	168	17	30	0,17	0,78	0,15	0,84	1,0	1,3	0,9	1,2	0,46	0,88	0,49	0,87
27	74	100	15	18	0,12	3,00	0,18	3,00	0,5	1,1	0,6	1,0	0,43	0,96	0,59	0,94
28	78	109	14	20	0,57	3,00	0,28	3,00	0,5	1,5	0,7	1,3	0,42	0,92	0,50	0,92
29	67	97	12	18	0,56	2,00	0,67	1,00	0,9	1,3	1,0	1,4	0,45	0,99	0,22	0,90
30	66	120	13	22	0,11	1,32	0,16	1,60	0,7	1,7	0,6	1,6	0,54	0,88	0,53	0,82
31	77	108	15	20	0,10	0,85	0,11	0,93	0,7	1,4	0,7	1,3	0,52	0,74	0,51	0,87

Unidades: Cor – uC; Turbidez – uT; Cloro – mg/L; Flúor – mg/L

Cont. Tabela A10 - Cor, turbidez, cloro e fluor da água bruta e tratada na ETA Fonte Luminosa em 2003

Setembro de 2003

Dias	Cor		Turbidez						Cloro				Flúor			
	Bruta		Bruta		R1		R2		R1		R2		R1		R2	
	Mín	Máx	Mín	Máx	Mín	Máx	Mín	Máx	Mín	Máx	Mín	Máx	Mín	Máx	Mín	Máx
1	73	106	15	19	0,30	4,00	0,10	3,00	0,4	1,4	0,4	1,1	0,50	0,86	0,47	0,90
2	70	92	14	17	0,47	4,00	0,36	3,00	0,7	1,2	0,7	1,1	0,40	0,71	0,47	0,75
3	73	100	15	19	0,51	0,84	0,14	0,93	0,8	1,2	0,8	1,2	0,31	0,94	0,43	0,90
4	64	98	11	18	0,25	0,78	0,13	0,80	0,9	1,2	0,9	1,2	0,34	0,82	0,42	0,90
5	75	100	15	18	0,19	0,84	0,19	0,74	0,9	1,3	0,8	1,1	0,43	0,86	0,57	0,94
6	57	118	10	19	0,20	0,59	0,10	0,73	0,8	1,3	0,8	1,2	0,56	0,87	0,65	0,87
7	82	113	15	20	0,12	0,52	0,15	0,49	0,9	1,4	0,8	1,1	0,37	0,74	0,47	0,86
8	57	100	11	20	0,15	0,88	0,10	0,73	0,8	1,4	0,7	1,3	0,29	0,81	0,44	0,85
9	61	112	17	20	0,16	0,84	0,15	0,96	0,9	1,2	0,9	1,1	0,58	0,86	0,64	0,77
10	87	133	19	24	0,42	0,70	0,14	0,71	0,6	1,1	0,6	1,2	0,54	1,01	0,57	1,02
11	92	144	20	26	0,19	0,66	0,11	0,81	0,5	1,0	0,5	1,1	0,59	0,98	0,52	0,95
12	86	128	17	23	0,18	0,94	0,15	0,72	0,6	1,3	0,6	1,1	0,45	1,00	0,66	0,90
13	80	112	17	20	0,17	0,77	0,17	0,66	0,9	1,4	0,8	1,2	0,60	1,01	0,61	0,84
14	84	150	19	26	0,10	0,61	0,11	0,68	0,6	2,0	0,8	1,9	0,63	1,08	0,64	1,28
15	76	100	14	19	0,19	0,75	0,19	0,81	0,7	1,1	0,9	1,3	0,56	0,95	0,64	0,88
16	106	192	23	46	0,24	0,86	0,17	0,92	0,5	1,3	0,9	1,9	0,41	0,72	0,50	0,76
17	150	240	29	44	0,28	0,76	0,11	0,55	0,4	1,6	0,9	1,4	0,57	0,86	0,63	0,92
18	74	149	17	27	0,19	0,54	0,18	0,52	0,4	1,2	0,9	1,2	0,52	1,45	0,58	1,39
19	93	121	17	22	0,12	0,96	0,10	0,79	0,2	1,3	0,7	1,2	0,70	1,23	0,64	1,11
20	65	102	12	20	0,30	0,68	0,11	0,48	0,2	1,4	0,9	1,7	0,66	1,10	0,79	1,03
21	72	89	15	17	0,15	0,74	0,17	0,48	0,3	1,7	0,9	1,4	0,50	0,95	0,62	0,94
22	74	120	14	24	0,19	0,98	0,17	0,59	0,4	1,6	0,8	1,6	0,60	2,00	0,56	1,86
23	82	136	16	25	0,20	0,68	0,18	0,92	0,3	1,2	0,5	1,5	0,43	1,35	0,48	1,20
24	121	14	22	22	0,24	0,89	0,17	2,00	0,5	1,7	0,4	2,1	0,60	0,91	0,35	1,42
25	96	212	19	38	0,10	1,00	0,29	1,00	0,4	1,2	0,8	1,5	0,35	1,04	0,35	1,00
26	79	123	15	23	0,30	3,00	0,17	3,00	0,3	1,8	0,5	1,7	0,38	0,85	0,55	0,87
27	86	156	16	29	0,32	0,74	0,25	0,81	0,8	1,4	0,6	1,5	0,62	0,85	0,62	0,85
28	88	152	16	29	0,18	0,86	0,21	0,76	0,9	1,7	0,7	1,1	0,56	1,00	0,57	0,85
29	80	122	16	22	0,26	0,91	0,18	0,84	0,1	1,4	0,6	1,1	0,56	1,12	0,72	1,10
30	72	107	15	21	0,22	0,77	0,14	0,77	0,5	1,2	0,6	1,0	0,39	0,96	0,56	0,81

Unidades: Cor – uC; Turbidez – uT; Cloro – mg/L; Flúor – mg/L

Cont. Tabela A10 - Cor, turbidez, cloro e fluor da água bruta e tratada na ETA Fonte Luminosa em 2003

Outubro de 2003

Dias	Cor		Turbidez						Cloro				Flúor			
	Bruta		Bruta		R1		R2		R1		R2		R1		R2	
	Mín	Máx	Mín	Máx	Mín	Máx	Mín	Máx	Mín	Máx	Mín	Máx	Mín	Máx	Mín	Máx
1	92	190	17	20	0,11	0,71	0,12	0,60	0,5	1,2	0,8	1,1	0,40	0,96	0,54	1,22
2	92	130	16	23	0,15	0,76	0,14	0,60	0,5	1,4	0,5	1,3	0,22	1,80	0,55	1,17
3	97	125	18	23	0,10	0,86	0,11	0,80	0,5	1,3	0,7	1,1	0,31	1,32	0,27	0,92
4	98	118	18	24	0,19	0,86	0,18	0,75	0,7	1,3	0,9	1,3	0,46	1,02	0,53	0,94
5	96	127	18	25	0,11	0,75	0,14	0,81	0,4	1,9	0,7	1,9	0,46	1,01	0,54	1,16
6	95	157	18	26	0,17	0,90	0,13	0,95	0,4	1,1	0,5	1,2	0,41	0,92	0,46	0,98
7	98	301	18	57	0,25	0,78	0,17	0,54	0,3	1,3	0,6	1,2	0,42	0,86	0,47	1,07
8	146	347	27	61	0,34	1,00	0,25	2,00	0,6	1,3	0,7	1,2	0,47	0,79	0,47	0,90
9	112	313	20	60	0,55	3,00	0,48	2,00	0,1	1,6	0,2	1,3	0,44	0,88	0,42	0,87
10	99	510	18	97	0,17	0,88	0,20	0,94	0,5	1,4	0,8	1,3	0,50	0,77	0,48	0,96
11	91	790	17	144	0,17	0,64	0,13	0,50	0,8	1,7	0,8	1,6	0,44	0,68	0,53	0,71
12	232	543	44	101	0,12		0,16		0,9	1,3	0,8	1,2	0,25	0,90	0,47	0,87
13	134	230	26	43	0,20	3,00	0,17	2,00	0,8	1,5	0,7	1,5	0,39	0,88	0,47	0,88
14	91	147	17	27	0,46	0,86	0,45	0,88	0,6	1,4	0,7	1,0	0,60	1,54	0,62	1,99
15	105	141	20	26	0,31	0,90	0,19	0,81	0,5	1,4	0,7	1,3	0,47	1,68	0,53	1,50
16	113	142	22	75	0,23	0,73	0,18	0,55	0,8	1,5	0,6	1,5	0,27	2,20	0,61	1,90
17	97	189	19	34	0,47	2,00	0,33	0,84	0,3	1,6	0,6	1,5	0,22	0,80	0,56	0,87
18	96	128	17	27	0,40	0,86	0,24	0,81	0,1	1,2	0,1	1,2	0,31	1,83	0,32	1,71
19	97	127	15	23	0,45	4,00	0,50	3,00	0,9	1,5	0,9	1,4	0,61	0,82	0,66	0,88
20	84	109	16	21	0,57	0,93	0,27	0,90	0,6	1,6	0,8	1,4	0,46	1,20	0,57	0,83
21	88	107	16	21	0,35	0,99	0,18	0,68	0,8	1,8	0,8	1,8	0,31	0,94	0,46	0,92
22	86	153	14	25	0,22	0,92	0,18	0,76	0,7	1,2	0,8	1,1	0,55	0,92	0,59	0,88
23	80	149	16	27	0,50	0,92	0,18	0,65	0,8	1,6	1,0	1,6	0,54	0,89	0,55	0,91
24	111	189	22	34	0,44	0,98	0,13	0,69	0,6	1,7	0,6	1,5	0,49	0,89	0,49	0,88
25	89	190	16	33	0,52	0,85	0,24	0,67	0,7	1,6	0,9	1,4	0,55	1,74	0,70	1,05
26	79	113	16	20	0,41	0,90	0,29	0,80	0,1	1,2	0,7	1,0	0,57	1,03	0,41	1,13
27	83	144	17	21	0,52	0,96	0,33	0,90	0,5	1,3	0,8	1,4	0,60	0,94	0,65	1,44
28	94	1314	16	243	0,56	0,95	0,13	0,97	0,8	1,3	0,8	1,8	0,41	0,74	0,42	0,92
29	402	1330	74	240	0,16	0,80	0,13	0,60	0,6	1,2	0,7	1,3	0,33	1,40	0,20	1,56
30	327	1110	61	210	0,42	0,84	0,14	0,68	0,6	1,1	0,7	1,1	0,44	0,70	0,52	0,71
31	173	306	32	56	0,14	0,67	0,13	0,64	0,7	2,1	0,9	2,2	0,56	0,90	0,39	0,85

Unidades: Cor – uC; Turbidez – uT; Cloro – mg/L; Flúor – mg/L

Cont. Tabela A10 - Cor, turbidez, cloro e fluor da água bruta e tratada na ETA Fonte Luminosa em 2003

Novembro de 2003

Dias	Cor		Turbidez						Cloro				Flúor			
	Bruta		Bruta		R1		R2		R1		R2		R1		R2	
	Mín	Máx	Mín	Máx	Mín	Máx	Mín	Máx	Mín	Máx	Mín	Máx	Mín	Máx	Mín	Máx
1	126	231	24	40	0,17	0,61	0,14	0,56	0,9	1,8	1,0	1,6	0,57	0,88	0,60	0,76
2	96	225	18	42	0,14	0,58	0,15	0,52	1,2	1,5	1,2	2,0	0,47	0,80	0,58	0,79
3	96	238	17	44	0,13	0,63	0,10	0,57	0,5	1,5	0,7	1,5	0,53	1,27	0,59	0,89
4	95	118	17	22	0,24	0,98	0,20	0,68	0,7	2,0	0,9	2,0	0,52	0,96	0,36	0,94
5	84	213	15	34	0,13	0,64	0,17	0,60	0,8	2,0	0,8	1,8	0,60	0,79	0,57	0,78
6	88	227	16	42	0,10	0,63	0,08	0,63	0,5	1,4	0,2	1,7	0,30	0,72	0,41	0,78
7	211	690	37	122	0,13	0,80	0,11	0,83	0,9	2,0	0,8	1,7	0,41	0,93	0,52	1,00
8	163	409	30	77	0,17	0,82	0,16	0,66	0,8	1,5	0,8	1,6	0,23	0,80	0,50	0,81
9	114	258	24	47	0,13	0,75	0,11	0,84	0,9	1,9	0,7	1,8	0,55	0,77	0,58	0,80
10	93	229	20	41	0,15	0,59	0,10	0,62	1,3	2,0	1,1	2,1	0,40	0,80	0,55	0,93
11	102	131	17	27	0,21	0,83	0,17	0,93	0,9	1,8	0,9	1,6	0,53	0,73	0,59	0,75
12	104	200	20	38	0,41	0,68	0,20	0,61	0,3	2,0	0,4	1,9	0,36	0,85	0,44	0,83
13	100	264	20	48	0,38	0,73	0,14	0,71	0,6	1,9	0,8	2,3	0,31	1,00	0,42	0,88
14	120	375	23	67	0,10	0,90	0,11	0,81	0,7	1,7	0,8	1,7	0,41	0,95	0,40	0,81
15	108	214	21	39	0,37	0,67	0,12	0,76	0,9	1,3	0,9	2,0	0,38	1,14	0,58	1,12
16	128	274	23	50	0,18	0,80	0,13	0,82	0,7	1,7	0,8	1,7	0,34	0,95	0,50	0,91
17	109	256	20	46	0,36	0,73	0,18	0,60	0,9	1,7	1,1	2,0	0,50	0,91	0,46	0,90
18	104	149	20	27	0,40	0,69	0,19	0,69	0,3	0,5	0,7	1,8	0,51	0,78	0,64	0,90
19	118	280	22	52	0,12	0,96	0,17	0,65	0,4	1,1	0,7	1,4	0,48	0,91	0,52	0,97
20	114	250	22	45	0,18	0,78	0,18	0,76	0,8	1,5	0,7	1,6	0,49	0,76	0,46	0,86
21	114	228	21	42	0,23	0,81	0,13	0,86	0,2	1,4	0,6	1,3	0,50	0,78	0,48	0,89
22	110	178	21	32	0,42	0,70	0,30	0,70	0,1	1,6	0,8	1,4	0,49	1,22	0,64	1,16
23	125	782	22	148	0,26	0,65	0,17	0,60	0,4	1,6	0,5	1,6	0,58	0,82	0,67	1,00
24	323	890	60	161	0,21	0,75	0,14	0,62	0,9	1,4	0,8	1,5	0,54	0,82	0,57	0,88
25	294	928	56	169	0,38	0,64	0,19	0,74	0,5	1,3	0,7	1,4	0,48	0,95	0,47	0,96
26	183	953	34	189	0,20	0,81	0,22	0,61	0,7	1,5	0,7	1,3	0,49	0,92	0,47	0,99
27	450	1552	88	291	0,15	3,00	0,11	2,00	0,8	1,5	0,8	1,3	0,10	1,05	0,29	0,91
28	275	493	52	92	0,31	0,74	0,18	0,74	1,0	1,8	0,9	1,6	0,38	0,91	0,41	1,02
29	172	299	32	55	0,41	0,98	0,23	0,79	0,3	1,5	0,1	1,8	0,21	0,73	0,41	0,71
30	147	794	27	152	0,19	0,66	0,11	0,57	0,6	1,6	0,9	1,6	0,12	0,77	0,37	0,90

Unidades: Cor – uC; Turbidez – uT; Cloro – mg/L; Flúor – mg/L

Cont. Tabela A10 - Cor, turbidez, cloro e fluor da água bruta e tratada na ETA Fonte Luminosa em 2003

Dezembro de 2003

Dias	Cor		Turbidez						Cloro				Flúor			
	Bruta		Bruta		R1		R2		R1		R2		R1		R2	
	Mín	Máx	Mín	Máx	Mín	Máx	Mín	Máx	Mín	Máx	Mín	Máx	Mín	Máx	Mín	Máx
1	406	654	75	147	0,15	4,00	0,12	0,91	0,7	1,6	0,7	1,3	0,45	0,95	0,56	0,96
2	266	711	50	126	0,27	1,20	0,26	1,00	0,7	1,6	0,8	1,5	0,32	1,24	0,38	1,34
3	169	1784	31	336	0,27	0,98	0,18	0,92	0,2	2,0	0,3	2,0	0,30	0,97	0,26	1,00
4	489	3371	90	628	0,29	0,78	0,27	0,86	0,3	1,5	0,4	1,4	0,53	0,90	0,67	1,04
5	363	1265	67	230	0,21	3,00	0,15	2,00	0,1	1,3	0,2	1,3	0,45	0,84	0,51	1,13
6	211	1781	39	324	0,20	2,00	0,13	2,00	0,6	1,4	0,8	1,2	0,05	0,77	0,42	1,06
7	298	925	56	92	0,18	1,00	0,16	0,68	0,9	1,6	0,7	1,9	0,60	0,87	0,44	0,98
8	440	1510	84	305	0,15	0,83	0,17	0,65	0,6	1,8	0,6	1,6	0,51	0,76	0,40	0,97
9	445	1107	87	211	0,29	0,93	0,19	0,57	0,9	1,7	1,2	1,7	0,57	0,86	0,62	1,09
10	459	784	78	143	0,15	0,69	0,10	0,91	1,1	1,5	0,9	1,5	0,63	0,88	0,72	0,99
11	345	498	67	90	0,14	0,61	0,12	0,68	0,7	2,1	0,7	1,8	0,60	1,04	0,67	0,98
12	420	800	80	183	0,19	0,62	0,10	0,62	0,2	2,0	0,2	1,4	0,54	0,72	0,45	0,88
13	284	544	54	101	0,12	0,60	0,13	0,65	0,3	1,2	1,1	1,7	0,53	1,01	0,60	1,03
14	293	441	55	83	0,16	0,59	0,10	0,69	0,7	1,2	0,7	1,2	0,42	1,11	0,52	1,10
15	286	444	48	85	0,27	0,63	0,11	0,68	0,5	1,8	0,5	1,1	0,55	0,88	0,55	0,91
16	288	295	52	70	0,19	0,67	0,19	0,51	0,8	1,8	0,6	1,6	0,51	1,01	0,78	1,25
17	263	484	49	90	0,15	0,70	0,17	0,58	0,7	1,4	0,7	1,4	0,44	0,91	0,39	0,95
18	225	420	42	77	0,18	0,68	0,10	0,64	0,5	1,8	0,5	1,9	0,45	0,87	0,45	1,19
19	203	386	39	69	0,11	0,68	0,11	0,77	0,4	1,2	0,5	1,3	0,53	1,14	0,50	1,52
20	209	383	38	71	0,30	0,48	0,21	0,63	0,6	1,3	0,9	1,5	0,60	0,94	0,60	1,04
21	203	376	46	71	0,18	0,51	0,15	0,54	0,7	1,9	0,9	2,0	0,41	0,89	0,50	0,75
22	228	459	44	88	0,15	0,60	0,11	0,59	0,4	1,5	0,5	1,6	0,53	1,50	0,50	1,52
23	362	1353	70	255	0,37	0,68	0,19	0,60	0,6	0,6	0,5	1,0	0,41	0,64	0,47	0,86
24	376	892	71	140	0,13	0,63	0,17	0,52	0,7	1,7	0,8	1,5	0,52	1,08	0,56	1,10
25	288	471	55	87	0,38	0,60	0,24	0,61	0,7	1,3	0,7	1,5	0,51	0,92	0,50	0,95
26	240	410	50	79	0,31	0,49	0,11	0,68	0,6	1,5	0,9	1,4	0,53	0,85	0,50	0,96
27	221	780	42	180	0,24	0,78	0,10	0,51	0,3	1,5	0,7	1,5	0,29	0,80	0,35	0,79
28	451	792	87	150	0,18	0,84	0,15	0,74	0,5	1,4	0,3	1,5	0,26	0,71	0,32	0,89
29	292	505	57	95	0,18	0,45	0,12	0,45	0,3	1,3	0,8	1,5	0,29	0,81	0,48	0,92
30	258	389	50	74	0,20	0,70	0,21	0,69	0,7	2,0	0,8	1,7	0,47	0,92	0,60	1,10
31	284	726	55	170	0,19	0,83	0,25	0,76	0,8	1,3	0,6	1,3	0,34	0,91	0,49	0,94

Unidades: Cor – uC; Turbidez – uT; Cloro – mg/L; Flúor – mg/L

APÊNDICE A

PARÂMETROS DETERMINADOS NAS AMOSTRAS DE ÁGUA E DE RESÍDUOS DOS
DECANTADORES E FILTROS

Tabela A11 - Parâmetros determinados na água bruta afluyente à ETA Fonte Luminosa

DIA	AMOS	HORA	COR	TURB	pH	ST	STF	STV	SST	SSTF	SSTV
COL	TRA	COL	(uH)	(uT)		(mg/L)	(mg/L)	(mg/L)	(mg/L)	(mg/L)	(mg/L)
01/set	1	08:00	88	16	7,1						
		12:00	82	15	6,9	-	-	-	2	2	0
		16:00	71	16	6,8						
	2	20:00	75	16	6,9						
		00:00	65	14	6,8	-	-	-	2	-	-
		04:00	67	14	6,8						
08/set	3	08:00	59	12	6,5						
		12:00	79	16	6,9	200	-	-	4	4	0
		16:00	86	18	6,9						
22/set	4	08:00	61	14	6,8						
		12:00	76	18	6,9	160	20	140	8	4	4
		16:00	69	15	6,9						
07/out	5	08:00	94	18	6,6						
		12:00	88	18	6,7	180	30	150	8	5	3
		16:00	100	20	6,7						
13/out	6	08:00	181	41	6,9						
		12:00	170	37	6,9	250	40	210	9	5	4
		16:00	149	30	6,8						
	7	20:00	142	31	6,8						
		00:00	131	28	6,7	240	30	210	10	5	5
		04:00	147	32	6,7						
20/out	8	08:00	100	18	6,7						
		12:00	92	18	6,8	190	40	150	7	3	4
		16:00	87	17	6,6						
03/nov	9	16:00	92	26	6,6						
		20:00	85	18	7,1	200	40	160	30	-	-
		00:00	85	19	6,8						
	10	04:00	81	17	6,9						
		08:00	87	18	6,8	150	20	130	7	2	5
		12:00	92	23	6,6						
10/nov	11	08:00	121	27	6,8						
		12:00	112	23	6,8	210	30	180	6	4	2
		16:00	117	24	6,7						
17/nov	12	08:00	112	24	6,9						
		12:00	104	24	6,7	230	30	200	7	0	7
		16:00	111	21	6,9						
24/nov	13	08:00	650	100	6,7						
		12:00	485	79	6,7	-	-	-	-	-	-
		16:00	341	60	6,7						

Tabela A12 - Parâmetros determinados na água coagulada da ETA Fonte Luminosa

DIA COL	AMOS TRA	HORA COL	COR (uH)	TURB (uT)	pH	ST (mg/L)	STF (mg/L)	STV (mg/L)	SST (mg/L)	SSTF (mg/L)	SSTV (mg/L)
01/set	1	08:00	48	23	7,1						
		12:00	65	24	9,7	120	-	-	2	-	-
		16:00	100	20	9,6						
	2	20:00	101	20	8,0						
		00:00	88	18	8,1	-	-	-	2	-	-
		04:00	92	18	8,8						
08/set	3	08:00	93	28	7,6						
		12:00	82	26	9,0	280	-	-	10	10	0
		16:00	108	28	8,8						
22/set	4	08:00	78	18	8,5						
		12:00	73	27	9,5	250	40	210	30	10	20
		16:00	71	25	9,1						
07/out	5	08:00	124	29	9,4						
		12:00	92	92	9,3	260	40	220	30	20	10
		16:00	111	57	9,3						
13/out	6	08:00	189	45	9,4						
		12:00	166	41	9,2	300	60	240	50	30	20
		16:00	172	38	9,0						
	7	20:00	162	39	9,1						
		00:00	154	35	9,1	280	60	220	50	40	10
		04:00	166	36	9,3						
20/out	8	08:00	121	35	8,7						
		12:00	112	27	8,8	250	50	200	50	30	20
		16:00	107	23	8,7						
03/nov	9	16:00	83	32	9,2						
		20:00	78	36	8,3	230	60	170	60	-	-
		00:00	72	37	8,8						
	10	04:00	64	30	7,1						
		08:00	79	24	11,1	230	50	180	40	20	20
		12:00	108	32	8,1						
10/nov	11	08:00	139	40	9,7						
		12:00	127	33	9,5	250	50	200	30	10	20
		16:00	131	30	9,4						
17/nov	12	08:00	131	50	9,3						
		12:00	87	38	9,4	300	60	240	30	30	0
		16:00	127	40	9,1						
24/nov	13	08:00	-	92	9,0						
		12:00	-	69	8,5	-	-	-	-	-	-
		16:00	-	39	9,1						

Tabela A13 - Parâmetros determinados na água decantada da ETA Fonte Luminosa

DIA	AMOS	HORA	COR	TURB	pH	ST	STF	STV	SST	SSTF	SSTV
COL	TRA	COL	(uH)	(uT)		(mg/L)	(mg/L)	(mg/L)	(mg/L)	(mg/L)	(mg/L)
01/set	1	08:00	9	2	8,3						
		12:00	16	8	9,9	110	-	-	4	0	4
		16:00	24	8	9,3						
	2	20:00	36	11	8,7						
		00:00	22	5	8,3	-	-	-	2	-	-
		04:00	34	7	8,5						
08/set	3	08:00	13	4	7,2						
		12:00	11	6	8,8	240	-	-	8	0	8
		16:00	19	9	8,6						
22/set	4	08:00	6	0,6	8,5						
		12:00	17	9	9,5	210	30	180	4	4	0
		16:00	12	6	9,2						
07/out	5	08:00	21	6	9,0						
		12:00	19	9	8,7	220	30	190	8	-	-
		16:00	33	6	9,2						
13/out	6	08:00	27	5	9,2						
		12:00	29	8	9,3	270	40	230	7	4	3
		16:00	34	7	9,0						
	7	20:00	35	7	9,1						
		00:00	26	6	9,3	270	30	240	6	5	1
		04:00	22	4	9,3						
20/out	8	08:00	24	4	9,0						
		12:00	39	8	8,9	220	40	180	8	4	4
		16:00	49	7	9,1						
03/nov	9	16:00	15	11	9,2						
		20:00	20	5	8,9	290	60	230	13	-	-
		00:00	10	3	8,2						
	10	04:00	8	2	7,2						
		08:00	8	2	10,1	240	60	180	8	3	5
		12:00	24	11	8,0						
10/nov	11	08:00	20	3	9,8						
		12:00	32	10	9,7	230	40	190	5	2	3
		16:00	46	10	9,7						
17/nov	12	08:00	9	2	9,5						
		12:00	23	8	9,3	250	40	210	7	2	5
		16:00	20	4	9,4						
24/nov	13	08:00	15	3	9,5						
		12:00	37	6	9,3	-	-	-	-	-	-
		16:00	48	7	9,3						

Tabela A14 - Parâmetros determinados na água filtrada da ETA Fonte Luminosa

DIA	AMOS	HORA	COR	TURB	pH	ST	STF	STV	SST	SSTF	SSTV
COL	TRA	COL	(uH)	(uT)		(mg/L)	(mg/L)	(mg/L)	(mg/L)	(mg/L)	(mg/L)
01/set	1	08:00	14	0,9	9,4						
		12:00	7	0,9	9,0	40	-	-	-	-	-
		16:00	13	0,8	9,0						
	2	20:00	15	3	9,0						
		00:00	11	3	8,1	20	-	-	-	-	-
		04:00	14	3	7,9						
08/set	3	08:00	11	0,8	9,1						
		12:00	2	0,2	8,4	230	-	-	2	0	2
		16:00	12	0,9	8,6						
22/set	4	08:00	5	0,2	7,9						
		12:00	10	0,7	9,4	200	30	170	2	0	2
		16:00	4	0,6	9,2						
07/out	5	08:00	14	3	8,8						
		12:00	12	3	8,7	200	20	180	-	-	-
		16:00	18	2	9,0						
13/out	6	08:00	10	0,9	8,6						
		12:00	12	0,6	8,2	260	50	210	-	-	-
		16:00	9	0,5	8,8						
	7	20:00	12	0,6	8,9						
		00:00	5	0,4	9,0	250	40	210	4	-	-
		04:00	11	0,5	9,1						
20/out	8	08:00	12	0,6	8,7						
		12:00	17	0,8	8,5	200	50	150	-	-	-
		16:00	13	0,9	9,1						
03/nov	9	16:00	7	0,3	9,3						
		20:00	4	0,4	8,5	280	70	210	4	-	-
		00:00	2	0,1	7,8						
	10	04:00	6	0,6	8,2						
		08:00	4	0,3	9,1	-	-	-	-	-	-
		12:00	8	0,6	8,4						
10/nov	11	08:00	12	0,4	9,9						
		12:00	8	0,4	9,5	220	50	170	-	-	-
		16:00	11	0,5	9,7						
17/nov	12	08:00	7	0,6	9,6						
		12:00	2	0,6	8,6	190	50	140	-	-	-
		16:00	5	0,6	9,3						
24/nov	13	08:00	8	0,5	9,6						
		12:00	9	0,4	9,0	-	-	-	-	-	-
		16:00	13	0,6	9,1						

Tabela A15 - Parâmetros determinados na água tratada da ETA Fonte Luminosa

DIA	AMOS	HORA	COR	TURB	pH	ST	STF	STV	SST	SSTF	SSTV
COL	TRA	COL	(uH)	(uT)		(mg/L)	(mg/L)	(mg/L)	(mg/L)	(mg/L)	(mg/L)
01/set	1	08:00	12	0,8	7,9						
		12:00	8	0,9	8,7	120	-	-	-	-	-
		16:00	10	2,0	9,3						
	2	20:00	18	4	8,7						
		00:00	11	3	8,1	50	-	-	-	-	-
		04:00	15	3	8,5						
08/set	3	08:00	10	0,8	7,4						
		12:00	1	0,3	7,5	270	-	-	2	0	2
		16:00	12	0,9	7,8						
22/set	4	08:00	4	0,1	6,6						
		12:00	10	0,9	8,4	220	20	200	2	0	2
		16:00	1	0,8	8,8						
07/out	5	08:00	12	0,94	8,2						
		12:00	11	0,93	8,6	250	40	210	-	-	-
		16:00	14	0,5	8,9						
13/out	6	08:00	4	0,4	8,3						
		12:00	4	0,3	8,0	280	40	240	-	-	-
		16:00	4	0,5	8,2						
	7	20:00	4	0,5	8,4						
		00:00	4	0,2	8,2	270	40	230	-	-	-
		04:00	4	0,7	7,4						
20/out	8	08:00	12	0,3	8,0						
		12:00	4	0,5	8,8	220	30	190	-	-	-
		16:00	4	0,6	9,0						
03/nov	9	16:00	6	0,2	9,1						
		20:00	7	0,5	8,0	240	90	150	-	-	-
		00:00	6	0,2	7,5						
	10	04:00	5	0,4	7,3						
		08:00	6	0,4	8,4	250	-	-	-	-	-
		12:00	5	0,2	8,0						
10/nov	11	08:00	5	0,2	8,0						
		12:00	5	0,3	8,0	240	30	210	-	-	-
		16:00	6	0,5	8,2						
17/nov	12	08:00	5	0,4	9,0						
		12:00	2	0,6	8,6	220	30	190	-	-	-
		16:00	6	0,5	8,3						
24/nov	13	08:00	5	0,2	9,0						
		12:00	6	0,3	8,5	-	-	-	-	-	-
		16:00	9	0,5	7,6						

Tabela A16 - Parâmetros determinados na água descartada dos decantadores da ETA Fonte Luminosa

DIA COL	AMOS TRA	TEMPO (S)	COR (uC)	TURB (uT)	TURB C (uT)	pH	ST (mg/L)	STF (mg/L)	STV (mg/L)	SST (mg/L)	SSTF (mg/L)	SSTV (mg/L)	PT (mg/L)	NTK (mg/L)	DQO (mg/L)
01/set	D1	15	53	2.140											
		30	53	2.065											
		60	73	456											
		90	71	206	810	9,2	870	560	310	18	12	6	0,8	8,0	136
		120	71	82											
		150	90	91											
		180	70	100											
08/set	D2	0	80	161											
		15	35	1.390											
		30	138	2.480											
		60	55	323											
		90	54	159	612	8,5	830	540	290	440	320	120	0,1	-	30
		120	41	87											
		150	31	58											
		180	33	76											
22/set	D3	210	36	36											
		0	66	101											
		10	31	2360											
		20	36	1548											
		30	23	1064											
		45	31	874											
		60	41	405	762	9,0	920	610	310	720	560	160	0,3	1,2	79
		90	23	168											
		120	30	151											
09/out	D4	150	47	120											
		180	22	50											
		0	20	4						6	2	4			
		15	52	3437						2900	2100	800			
		30	48	1785						1500	1100	400			
		60	28	434						267	133	133			
		90	37	431						333	133	200			
		120	27	198	1073	9,1	-	-	-	150	50	100	0,1	3,4	114
		150	37	248						200	100	100			
		180	39	83						50	0	50			
		210	36	73						50	0	50			
		240	42	89						50	0	50			

Cont. Tabela A16 - Parâmetros determinados na água descartada dos decantadores da ETA Fonte Luminosa

[illegible]

Tabela A17 - Caracterização da água de lavagem dos filtros da ETA Fonte Luminosa

[illegible]

Cont. Tabela A17 - Caracterização da água de lavagem dos filtros da ETA Fonte Luminosa

[illegible]

Cont. Tabela A17 - Caracterização da água de lavagem dos filtros da ETA Fonte Luminosa

DIA COL	AMOS TRA	TEMPO (S)	COR (uC)	TURB (uT)	TURB C (uT)	pH	ST (mg/L)	STF (mg/L)	STV (mg/L)	SST (mg/L)	SSTF (mg/L)	SSTV (mg/L)	PT (mg/L)	NTK (mg/L)	DQO (mg/L)
10/nov	F7	0	129	884						757,7143	465,5695	292,1448			
		20	156	1050						880	681	199			
		40	141	975						788	494	294			
		60	117	543						456	313	144			
		80	92	198						111	87	24			
		100	72	87	407	9,0	600	300	300	73	61	11	0,5	5,6	62
		120	45	37						28	20	9			
		140	32	18						11	10	1			
		160	21	17						12	9	2			
		180	19	9						8	6	2			

Tabela A18 - Concentração de metais nas amostras de água e resíduos da ETA Fonte Luminosa

FERRO PONTO	CAMPANHAS					
	M1	M2	M3	M4	M5	M6
Água bruta (mg/L)	0,319	0,326	0,281	0,333	0,195	0,186
Água coagulada (mg/L)	2,376	1,670	1,372	1,599	0,452	0,459
Água decantada (mg/L)	0,275	0,477	0,010	0,330	0,009	0,003
Água filtrada (mg/L)	0,057	ND	0,101	ND	ND	ND
Água tratada (mg/L)	ND	ND	0,030	ND	ND	ND
Resíduos dos decantadores (mg/L)	51,709	26,866	30,621	26,405	3,285	3,310
Resíduos dos decantadores (g/Kg)	82,234	42,295	55,153	48,682	6,477	6,250
Resíduos dos filtros (mg/L)	12,260	23,017	31,942	22,813	9,102	8,711
Resíduos dos filtros (g/Kg)	37,561	74,153	107,332	70,585	32,694	25,926

CÁDMIO PONTO	CAMPANHAS					
	M1	M2	M3	M4	M5	M6
Água bruta (mg/L)	ND	ND	ND	ND	ND	ND
Água coagulada (mg/L)	ND	ND	ND	ND	ND	ND
Água decantada (mg/L)	ND	ND	ND	ND	ND	ND
Água filtrada (mg/L)	ND	ND	ND	ND	ND	ND
Água tratada (mg/L)	ND	ND	ND	ND	ND	ND
Resíduos dos decantadores (mg/L)	ND	ND	ND	ND	ND	ND
Resíduos dos decantadores (g/Kg)	ND	ND	ND	ND	ND	ND
Resíduos dos filtros (mg/L)	ND	ND	ND	ND	ND	ND
Resíduos dos filtros (g/Kg)	ND	ND	ND	ND	ND	ND

ZINCO PONTO	CAMPANHAS					
	M1	M2	M3	M4	M5	M6
Água bruta (mg/L)	ND	ND	ND	ND	ND	ND
Água coagulada (mg/L)	ND	ND	ND	ND	0,001	0,004
Água decantada (mg/L)	ND	ND	ND	ND	0,005	0,004
Água filtrada (mg/L)	ND	ND	ND	ND	0,005	0,007
Água tratada (mg/L)	ND	ND	ND	ND	0,007	0,007
Resíduos dos decantadores (mg/L)	0,002	ND	ND	ND	0,008	0,009
Resíduos dos decantadores (g/Kg)	0,030	ND	ND	ND	0,016	0,017
Resíduos dos filtros (mg/L)	ND	ND	ND	ND	0,014	0,013
Resíduos dos filtros (g/Kg)	ND	ND	ND	ND	0,050	0,039

Cont. Tabela A18 - Concentração de metais nas amostras de água e resíduos da ETA Fonte Luminosa

NÍQUEL	CAMPANHAS					
	M1	M2	M3	M4	M5	M6
Água bruta (mg/L)	0,041	ND	ND	ND	ND	ND
Água coagulada (mg/L)	ND	0,596	0,650	0,529	ND	ND
Água decantada (mg/L)	ND	0,591	0,371	0,588	ND	ND
Água filtrada (mg/L)	0,127	0,592	0,381	0,493	ND	ND
Água tratada (mg/L)	0,038	0,446	0,569	0,441	ND	ND
Resíduos dos decantadores (mg/L)	0,313	0,118	ND	ND	ND	ND
Resíduos dos decantadores (g/Kg)	0,498	0,186	ND	ND	ND	ND
Resíduos dos filtros (mg/L)	ND	ND	ND	0,009	ND	ND
Resíduos dos filtros (g/Kg)	ND	ND	ND	0,028	ND	ND

COBRE	CAMPANHAS					
	M1	M2	M3	M4	M5	M6
Água bruta (mg/L)	ND	ND	ND	ND	ND	ND
Água coagulada (mg/L)	ND	ND	ND	ND	ND	ND
Água decantada (mg/L)	ND	ND	ND	ND	ND	ND
Água filtrada (mg/L)	ND	ND	ND	ND	ND	ND
Água tratada (mg/L)	ND	ND	ND	ND	ND	ND
Resíduos dos decantadores (mg/L)	ND	ND	ND	ND	ND	ND
Resíduos dos decantadores (g/Kg)	ND	ND	ND	ND	ND	ND
Resíduos dos filtros (mg/L)	ND	ND	ND	ND	ND	ND
Resíduos dos filtros (g/Kg)	ND	ND	ND	ND	ND	ND

CHUMBO	CAMPANHAS					
	M1	M2	M3	M4	M5	M6
Água bruta (mg/L)	ND	0,049	ND	ND	ND	ND
Água coagulada (mg/L)	ND	ND	ND	ND	ND	ND
Água decantada (mg/L)	0,140	ND	0,080	0,096	0,417	1,102
Água filtrada (mg/L)	ND	0,078	0,115	0,191	0,994	0,730
Água tratada (mg/L)	ND	0,287	0,240	0,267	1,103	1,301
Resíduos dos decantadores (mg/L)	0,313	0,475	0,452	0,474	1,151	1,476
Resíduos dos decantadores (g/Kg)	0,498	0,748	0,814	0,874	2,269	2,787
Resíduos dos filtros (mg/L)	ND	0,538	0,545	0,659	1,392	1,502
Resíduos dos filtros (g/Kg)	ND	1,733	1,831	2,039	5,000	4,470

Cont. Tabela A18 - Concentração de metais nas amostras de água e resíduos da ETA Fonte Luminosa

CROMO	CAMPANHAS					
	M1	M2	M3	M4	M5	
PONTO						
Água bruta (mg/L)	ND	0,089	0,055	0,038	0,019	ND
Água coagulada (mg/L)	0,005	0,045	ND	ND	ND	ND
Água decantada (mg/L)	0,015	ND	ND	ND	ND	ND
Água filtrada (mg/L)	0,014	0,001	0,001	ND	ND	ND
Água tratada (mg/L)	0,046	ND	0,458	0,204	ND	ND
Resíduos dos decantadores (mg/L)	0,563	0,167	0,144	0,155	ND	ND
Resíduos dos decantadores (g/Kg)	0,895	0,263	0,259	0,286	ND	ND
Resíduos dos filtros (mg/L)	0,081	0,132	0,095	0,091	0,029	0,037
Resíduos dos filtros (g/Kg)	0,248	0,425	0,319	0,282	0,104	0,110

MAGNÊSIO	CAMPANHAS					
	M1	M2	M3	M4	M5	M6
PONTO						
Água bruta (mg/L)	0,079	0,117	0,119	0,117	0,096	0,092
Água coagulada (mg/L)	0,182	0,131	0,129	0,129	0,126	0,130
Água decantada (mg/L)	0,140	0,118	0,108	0,118	0,117	0,122
Água filtrada (mg/L)	0,117	0,098	0,110	0,098	0,121	0,127
Água tratada (mg/L)	0,133	0,115	0,120	0,115	0,125	0,114
Resíduos dos decantadores (mg/L)	1,599	0,391	0,366	0,379	0,212	0,212
Resíduos dos decantadores (g/Kg)	2,543	0,616	0,659	0,699	0,418	0,400
Resíduos dos filtros (mg/L)	0,271	0,218	0,261	0,214	0,264	0,266
Resíduos dos filtros (g/Kg)	0,830	0,702	0,877	0,662	0,948	0,792