



**UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO NORTE
CENTRO DE TECNOLOGIA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA SANITÁRIA**

CARACTERIZAÇÃO DO EFLUENTE DA ETE DE UMA INDÚSTRIA TÊXTIL, VISANDO POSSÍVEIS USOS

Alexandre Marcos Freire da Costa e Silva

JULHO, 2004

Alexandre Marcos Freire da Costa e Silva

CARACTERIZAÇÃO DO EFLUENTE DA ETE DE UMA INDÚSTRIA TÊXTIL, VISANDO POSSÍVEIS USOS

Dissertação apresentada ao programa de Pós-Graduação em Engenharia Sanitária do Centro de Tecnologia da Universidade Federal do Rio Grande do Norte, como requisito parcial à obtenção do grau de Mestre em Engenharia Sanitária.

Orientadora: Prof^ª. Dra. Maria Del Pilar Durante Ingunza

Co-orientador: Prof^º. Dr. Rasiah Ladchumananandasivam

JULHO, 2004

DEDICATÓRIA

A DEUS, fonte de toda a vida, sabedoria, paz e amor. A minha noiva Juliana pelo amor, carinho e incentivo durante toda a realização deste trabalho. Aos meus pais, João e Mirna pelo apoio e incentivo durante toda a minha formação.

AGRADECIMENTOS

À Profª. Dra. Maria Del Pilar Durante Ingunza, pela valiosa orientação, pelos conhecimentos transmitidos, pela amizade e incentivo para o desenvolvimento deste trabalho.

Ao Profº. Dr. Rasiah Ladchumananandasivam, do Departamento de Engenharia Têxtil/UFRN, pela co-orientação e o importante apoio técnico para o desenvolvimento deste trabalho.

À Direção da Companhia de Tecidos Norte de Minas – COTEMINAS, principalmente ao Sr. Rogério Delmo – Gerente de Manutenção, pela permissão, apoio e incentivo para a realização deste trabalho.

Ao Profº. Dr. André Luis Calado Araújo, pelas orientações nas análises de laboratório.

Ao Profº. Dr. Luiz Pereira de Brito, pela colaboração e informações fornecidas.

Ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico – CNPq, pelo apoio financeiro sob a forma de bolsa de estudos durante o período de desenvolvimento desta pesquisa.

Ao Laboratório de Análises de solo, água e planta da Empresa de Pesquisa Agropecuária do Rio Grande do Norte S/A – EMPARN, principalmente à amiga Maria da Conceição G. Bentes, pela realização de algumas análises laboratoriais.

Aos professores, funcionários e bolsistas do Laboratório de Recursos Hídricos e Saneamento Ambiental – LARHISA, pelo apoio e ajuda direta ou indireta na execução deste trabalho.

Ao amigo Eng. Antônio Hermes Bezerra, pelo apoio e incentivo para a realização deste trabalho.

À amiga Ms. Carla Gracy Ribeiro Meneses, pela colaboração e ajuda nas análises estatísticas realizadas no trabalho.

Aos meus irmãos, Adriano, Antônio e André, por todo carinho e união fornecido ao longo dos anos.

SUMÁRIO

DEDICATÓRIA	i
AGRADECIMENTOS	ii
ÍNDICES DE TABELAS	viii
ÍNDICES DE ILUSTRAÇÕES	xii
LISTAS DE SIGLAS E ABREVIATURAS	xvi
RESUMO	xix
ABSTRACT	xxi
CAPÍTULO 1	
1.0 INTRODUÇÃO E JUSTIFICATIVAS	02
CAPÍTULO 2	
2.0 OBJETIVOS	07
2.1 OBJETIVO PRINCIPAL	07
2.2 OBJETIVO SECUNDÁRIO	07
CAPÍTULO 3	
3.0 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	09
3.1 INDÚSTRIA TÊXTIL	09
3.1.1 INDÚSTRIA TÊXTIL NO MUNDO	09
3.1.2 INDÚSTRIA TÊXTIL NO BRASIL	11
3.1.3 O PROCESSO INDUSTRIAL E AS ÁGUAS RESIDUÁRIAS DA INDÚSTRIA TÊXTIL	13
3.2 SISTEMA DE TRATAMENTO DE ESGOTOS	21
3.2.1 LODOS ATIVADOS	22

3.3 UTILIZAÇÃO DE ÁGUAS RESIDUÁRIAS -----	24
3.3.1 ASPECTOS GERAIS -----	24
3.3.2 TIPOS DE USO -----	27
3.3.3 NORMAS PARA USO DAS ÁGUAS RESIDUÁRIAS -----	35
3.3.3.1 NORMAS PARA USO URBANO -----	35
3.3.3.2 NORMAS PARA IRRIGAÇÃO -----	37
3.3.3.3 NORMAS PARA USO INDUSTRIAL -----	38
3.3.3.4 NORMAS PARA RECARGA DE AQUÍFEROS E OUTROS USOS -----	41
3.3.4 ASPECTOS ECONÔMICOS -----	42
 CAPÍTULO 4	
4.0 MATERIAIS E MÉTODOS -----	50
4.1 DESCRIÇÃO DA INDÚSTRIA TÊXTIL -----	50
4.1.1 DESCRIÇÃO DO SISTEMA DE TRATAMENTO DE ESGOTOS -----	50
4.2 COLETA DAS AMOSTRAS -----	52
4.3 MÉTODOS ANALÍTICOS -----	53
4.4 MATERIAL UTILIZADO -----	55
4.5 TRATAMENTO ESTATÍSTICO -----	56
 CAPÍTULO 5	
5.0 APRESENTAÇÃO E ANÁLISE DOS RESULTADOS -----	59
5.1 RESULTADOS DO ESGOTO BRUTO -----	59

5.1.1 Vazão	59
5.1.2 pH	60
5.1.3 Temperatura	61
5.1.4 Condutividade	62
5.1.5 Oxigênio Dissolvido	63
5.1.6 Sólidos Totais	64
5.1.7 Cloretos	65
5.1.8 Nitrogênio	66
5.1.9 Matéria Orgânica	69
5.2 RESULTADOS DO EFLUENTE TRATADO	71
5.2.1 Vazão	73
5.2.2 pH	75
5.2.3 Temperatura	76
5.2.4 Condutividade	78
5.2.5 Turbidez	80
5.2.6 Oxigênio Dissolvido	81
5.2.7 Sólidos Totais	83
5.2.8 Sólidos Totais Suspensos e Dissolvidos	84
5.2.9 Sólidos Decantáveis	87
5.2.10 Cor	88
5.2.11 Cloretos	90

5.2.12 Nitrogênio -----	91
5.2.13 Fósforo Total -----	94
5.2.14 Sulfetos e Sulfatos -----	96
5.2.15 Metais Pesados -----	98
5.2.16 Ferro e Manganês -----	100
5.2.17 Dureza Total -----	102
5.2.18 Alcalinidade Total -----	103
5.2.19 Matéria Orgânica -----	105
5.2.20 Coliformes Fecais e Totais -----	107
5.2.21 Helmintos -----	108
5.3 AVALIAÇÃO DO POSSÍVEL USO DAS ÁGUAS RESIDUÁRIAS TRATADAS DA INDÚSTRIA TÊXTIL -----	110
5.3.1 POSSIBILIDADE PARA O USO URBANO -----	110
5.3.2 POSSIBILIDADE PARA O USO AGRÍCOLA -----	116
5.3.3 POSSIBILIDADE PARA O USO INDUSTRIAL -----	132
5.3.4 POSSIBILIDADE PARA O USO EM RECARGA DE AQUÍFEROS E OUTROS -----	134
CAPÍTULO 6	
6.0 CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES -----	139
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS -----	144
ANEXOS -----	150

ÍNDICE DE TABELAS

CAPÍTULO 3

Tabela 1 Alguns limites apropriados para a qualidade da água utilizada na indústria têxtil ----	150
Tabela 2 Características das águas residuárias de algumas indústrias -----	151
Tabela 3 Características físicas, químicas e biológicas das águas residuárias -----	154
Tabela 4 Faixa de concentração das águas residuárias brutas conforme sua origem -----	156
Tabela 5 Concentrações máximas permitidas para a disposição dos efluentes industriais em águas superficiais no Chile -----	157
Tabela 6 Estimativa das vazões de extração de água subterrânea e recuperação e utilização de águas residuárias nos Estados Unidos nos anos de 1975, 1985 e 2000. -----	158
Tabela 7 Diagramas que apresentam o tratamento de acordo com o tipo de uso -----	159
Tabela 8 Principais aplicações de águas residuárias tratadas conforme o tipo de uso -----	160
Tabela 9 Legislação da Jordânia para utilização de águas residuárias tratadas para uso urbano ---- -----	162
Tabela 10 Proposta legal dos padrões estabelecidos na Jordânia para o uso de águas residuárias no meio urbano -----	165
Tabela 11 Padrões de qualidade da água estabelecidos no Brasil conforme a classe -----	165
Tabela 12 Limites máximos permissíveis na legislação do México para uso urbano -----	170
Tabela 13 Norma de interpretação da qualidade da água para irrigação -----	171
Tabela 14 Comparação dos critérios de qualidade para o uso de águas residuárias na irrigação das colheitas crescidas para o consumo humano, conforme as legislações apresentadas -----	173

Tabela 15 Norma da Agência de Proteção Ambiental dos Estados Unidos para uso de águas em irrigação -----	175
Tabela 16 Norma da OMS para o uso de águas residuárias tratadas para agricultura -----	176
Tabela 17 Concentrações máximas de microelementos tóxicos aceitáveis na irrigação de água, estabelecida pela legislação alemã -----	178
Tabela 18 Legislação da Jordânia para utilização de águas residuárias tratadas para uso agrícola -----	179
Tabela 19 Limites recomendados para uso de águas em sistemas de resfriamento -----	182
Tabela 20 Problemas causados em caldeiras de acordo com os parâmetros físico-químicos constituídos nas águas -----	183
Tabela 21 Legislação da Jordânia para utilização de águas residuárias tratadas para recarga de aquíferos e outros -----	182
Tabela 22 Recurso hídrico renovável e seu uso em alguns países -----	187
Tabela 23 Custos mensais com os tratamentos da água e do esgoto da Indústria COTEMINAS --- -----	46
Tabela 24 Tarifas da Companhia de Águas e Esgotos do Rio Grande do Norte (CAERN) pelo consumo de água -----	47
Tabela 25 Previsão de custos mensais com o consumo e tratamentos da água e do esgoto da Indústria COTEMINAS -----	48

CAPÍTULO 4

Tabela 26 Parâmetros físico-químicos e biológicos selecionados para a caracterização do efluente da ETE de uma indústria têxtil, visando possíveis usos -----	53
---	----

CAPÍTULO 5

Tabela 27 Estatística básica do efluente tratado -----	71
--	----

Tabela 28 Análise do uso de águas residuárias em meio urbano, sendo permitido o contato direto com o público conforme os resultados do efluente tratado -----	110
---	-----

Tabela 29 Análise do uso de águas residuárias em meio urbano, não sendo permitido o contato direto com o público conforme os resultados do efluente tratado -----	113
---	-----

Tabela 30 Análise do possível uso de águas residuárias em irrigações de áreas agrícolas de colheitas para consumo humano ingeridas cruas e em árvores frutíferas conforme os resultados do efluente tratado -----	117
---	-----

Tabela 31 Análise do possível uso de águas residuárias em irrigações de áreas agrícolas de colheitas de alimentos processados industrialmente e em colheitas de cereais conforme os resultados do efluente tratado -----	122
--	-----

Tabela 32 Análise do possível uso de águas residuárias em irrigações de áreas agrícolas de colheitas de forragens e em pastagens conforme os resultados do efluente tratado ---- -----	126
---	-----

Tabela 33 Análise do possível uso de águas residuárias em irrigações de áreas agrícolas de vegetais ingeridos cozidos conforme os resultados do efluente tratado -----	129
--	-----

Tabela 34 Análise do uso de águas residuárias no setor industrial em sistemas de refrigeração conforme os resultados do efluente tratado -----	132
--	-----

Tabela 35 Análise do uso de águas residuárias para a recarga artificial de aquíferos e outros usos,
conforme os resultados do efluente tratado e os critérios estabelecidos pela Jordânia ---

----- 135

ÍNDICES DE ILUSTRAÇÕES

CAPÍTULO 3

Figura 1: Fluxograma do processo de uma indústria de algodão e sintéticos -----	14
Figura 2: Esquema das formas básicas do reuso de águas residuárias -----	28
Figura 3: Comparação da distribuição de águas recuperadas aplicadas na Califórnia, Flórida e Japão, respectivamente -----	29

CAPÍTULO 4

Figura 4: Fluxograma do sistema de tratamento de esgotos da Indústria COTEMINAS -----	51
---	----

CAPÍTULO 5

5.1 – RESULTADOS DO ESGOTO BRUTO

Figura 5: Apresentação da variação temporal da vazão -----	60
Figura 6: Apresentação da variação de pH -----	61
Figura 7: Apresentação da variação de temperatura -----	62
Figura 8: Apresentação da variação de condutividade -----	63
Figura 9: Apresentação da variação de oxigênio dissolvido -----	64
Figura 10: Apresentação da variação de sólidos totais -----	65
Figura 11: Apresentação da variação temporal de cloretos -----	66
Figura 12: Apresentação da variação temporal de nitrogênio orgânico -----	67
Figura 13: Apresentação da variação temporal de nitrogênio amoniacal -----	67
Figura 14: Apresentação da variação temporal de nitritos -----	68
Figura 15: Apresentação da variação temporal de nitratos -----	69

Figura 16: Apresentação da variação temporal da DBO	70
---	----

Figura 17: Apresentação da variação temporal da DQO	70
---	----

5.2 - RESULTADOS DO EFLUENTE TRATADO

Figura 18: Variação temporal da vazão	74
---	----

Figura 19: Gráfico “Box & Whisker” da distribuição da vazão	75
---	----

Figura 20: Variação temporal do pH	75
--	----

Figura 21: Gráfico “Box & Whisker” de distribuição do pH	76
--	----

Figura 22: Variação temporal da temperatura	77
---	----

Figura 23: Gráfico “Box & Whisker” de distribuição da temperatura	78
---	----

Figura 24: Variação temporal da condutividade	79
---	----

Figura 25: Gráfico “Box & Whisker” de distribuição da condutividade	79
---	----

Figura 26: Variação temporal da turbidez	80
--	----

Figura 27: Gráfico “Box & Whisker” da variação da turbidez	81
--	----

Figura 28: Variação temporal do oxigênio dissolvido	82
---	----

Figura 29: Gráfico “Box & Whisker” da distribuição de oxigênio dissolvido	82
---	----

Figura 30: Variação temporal dos sólidos totais, totais fixos e voláteis	83
--	----

Figura 31: Gráfico “Box & Whisker” da distribuição de sólidos totais, totais fixos e voláteis -----	
.....	84

Figura 32: Variação temporal dos sólidos suspensos totais	85
---	----

Figura 33: Variação temporal dos sólidos dissolvidos totais	85
---	----

Figura 34: Gráfico “Box & Whisker” da distribuição de sólidos suspensos totais	86
--	----

Figura 35: Gráfico “Box & Whisker” da distribuição de sólidos dissolvidos totais -----	87
Figura 36: Variação temporal dos sólidos decantáveis -----	88
Figura 37: Variação temporal da cor -----	89
Figura 38: Gráfico “Box & Whisker” da distribuição da cor -----	89
Figura 39: Variação temporal de cloretos -----	90
Figura 40: Gráfico “Box & Whisker” da distribuição de cloretos -----	91
Figura 41: Variação temporal dos compostos nitrogenados -----	92
Figura 42: Gráfico “Box & Whisker” da distribuição dos compostos nitrogenados -----	93
Figura 43: Variação temporal do nitrogênio total -----	94
Figura 44: Variação temporal de fósforo total -----	95
Figura 45: Gráfico “Box & Whisker” da distribuição de fósforo total -----	95
Figura 46: Variação temporal de sulfetos e sulfatos do efluente tratado -----	96
Figura 47: Gráfico “Box & Whisker” da distribuição de sulfetos -----	97
Figura 48: Gráfico “Box & Whisker” da distribuição de sulfatos -----	98
Figura 49: Variação temporal dos metais pesados -----	99
Figura 50: Gráfico “Box & Whisker” da distribuição dos metais pesados -----	100
Figura 51: Variação temporal do ferro e do manganês -----	101
Figura 52: Gráfico “Box & Whisker” da distribuição do ferro e do manganês -----	101
Figura 53: Variação temporal da dureza total -----	102
Figura 54: Gráfico “Box & Whisker” da distribuição da dureza total -----	103
Figura 55: Variação temporal de alcalinidade total -----	104

Figura 56: Gráfico “Box & Whisker” da distribuição de alcalinidade total -----	104
Figura 57: Variação temporal da DBO e DQO -----	105
Figura 58: Gráfico “Box & Whisker” da distribuição da DBO -----	106
Figura 59: Gráfico “Box & Whisker” da distribuição da DQO -----	106
Figura 60: Variação temporal de coliformes fecais e totais -----	107
Figura 61: Gráfico “Box & Whisker” da distribuição de coliformes fecais e totais -----	108
Figura 62: Variação temporal de ovos de helminto -----	109
Figura 63: Gráfico “Box & Whisker” da distribuição de ovos de helminto -----	109

LISTAS DE SIGLAS E ABREVIATURAS

ABES – Associação Brasileira de Engenharia Sanitária

ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas

APHA – American Public Health Association

AWWA – American Water Works Association

CAERN – Companhia de Águas e Esgotos do Rio Grande do Norte

CNPq – Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico

EMPARN – Empresa de Pesquisa Agropecuária do Rio Grande do Norte S/A

DESA – Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental

FUNASA – Fundação Nacional de Saúde

NBR – Norma Brasileira

LARHISA – Laboratório de Recursos Hídricos e Saneamento Ambiental

OMS – Organização Mundial de Saúde

UFMG – Universidade Federal de Minas Gerais

ETE – Estação de Tratamento de Esgotos

UFC – Unidade Formadora de Colônias

UNT – Unidade Nefelométrica de Turbidez

pH – Potencial Hidrogeniônico

COND – Condutividade

TEMP – Temperatura

ST – Sólidos Totais

STF – Sólidos Totais Fixos

STV – Sólidos Totais Voláteis

SST – Sólidos Suspensos Totais

SDT – Sólidos Dissolvidos Totais

SD – Sólidos Decantáveis

Cl – Cloreto

Pt – Fósforo Total

Nt – Nitrogênio Total

Norg – Nitrogênio Orgânico

Namon – Nitrogênio Amoniacal

OD – Oxigênio Dissolvido

DBO – Demanda Bioquímica de Oxigênio

DQO – Demanda Química de Oxigênio

CF – Coliformes Fecais

CT – Coliformes Totais

ET – Esgoto Tratado

EB – Esgoto Bruto

Ni – Níquel

Cr – Cromo Total

Cd – Cádmio

Cu – Cobre

Pb – Chumbo

Zn – Zinco

Fe – Ferro

Mn – Manganês

N – Número de dados amostrais

MAX – Máximo

MIN – Mínimo

g – grama

mg – miligrama

mL – mililitro

L – litro

m – metro

m³ – metro cúbico

mm - milímetro

SILVA, Alexandre Marcos Freire da Costa. Avaliação do possível reuso de águas residuárias tratadas procedentes da indústria têxtil. Dissertação de Mestrado. Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Programa de Pós-graduação em Engenharia Sanitária. Área de Concentração: Recursos Hídricos e Saneamento Ambiental. Natal – RN, Brasil.

RESUMO

O presente trabalho tem como objetivo principal a caracterização do efluente da ETE de uma indústria têxtil, visando possíveis usos. Este estudo visa fornecer subsídios para se combater a escassez deste elemento indispensável ao ser humano, avaliando as diversas possibilidades de reutilização de águas residuárias da indústria têxtil. Sendo assim, foi realizada a pesquisa durante o período de 30 de julho a 31 de dezembro de 2003, por coletas semanais de amostras do efluente tratado da Companhia de Tecidos Norte de Minas (COTEMINAS), totalizando 23 coletas. Os parâmetros analisados foram: Temperatura, pH, condutividade elétrica, turbidez, oxigênio dissolvido, cor, sólidos totais (fixos e voláteis), sólidos suspensos totais, sólidos dissolvidos totais, sólidos decantáveis, cloretos, dureza total, alcalinidade total, fósforo total, nitrogênio orgânico e amoniacal, nitrito, sulfetos, sulfatos, DBO, DQO, metais pesados (níquel, cromo, cádmio, cobre, chumbo e zinco), ferro e manganês, coliformes fecais e totais de acordo com APHA/AWWA/ WPCF (1992), nitrato (RODIER, 1981) e helmintos de acordo com o método desenvolvido por BAILENGER (1979), modificado por AYRES & MARA (1996). Do estudo da avaliação do possível reúso de águas residuárias, pode-se concluir que atualmente não é possível utilizar os efluentes tratados para reuso direto, porém, com a implantação de um

sistema de pós-tratamento os efluentes poderiam ser utilizados em sistemas de refrigeração e na irrigação de áreas verdes da própria indústria.

PALAVRAS-CHAVE: Uso, Águas Residuárias, Indústria Têxtil.

SILVA, Alexandre Marcos Freire da Costa. Avaliation of the possible reuse of treated wastewater from the textile industry. Dissertation. Federal University of Rio Grande do Norte, Post-graduation Program in Sanitary Engineering. Concentration Area: Hydric Resources and Environmental Sanitation. Natal - RN, Brazil.

ABSTRACT

The principal aim of the present work is the characterization of the effluent of the ETE from the textile industry, aims possibles uses. This recent study aims to give subsidies to combat the scarcity from this indispensable element to the being human, evaluation the several forms of wastewater and textile industry reuse. Therefore, the search was realized during the period from July 30th to Dezember 31st 2003 by weekly sample collections of the treated effluent from Tecidos Norte de Minas Company (COTEMINAS) totalizing 23 collections. The parameters analysed were: temperature, pH, electric conductivity, turbidity, dissolved oxygen, color, total solids (fixed and volatle), total suspended solids, total dissolved solids, decantable solids, chlorides, total hardness, total alkalinity, total phosphorus, organic and ammoniacal nitrogen, nitrite, sulfides, sulfates, BOD, COD, heavy metals (nickel, chromium, cadmium, copper, lead and zinc), iron and manganese, fecal and total coliforms in accordance with APHA/AWWA/WPCF (1992), nitrate (RODIER, 1981) and helminth in accordance with the method developed by BAILENGER (1979), modified by AYRES & MARA (1996). From the avaliation study of the possible wastewater reuse can conclude that actually it is not possible use the treated effluents to direct reuse, but with the implantation of a post-treatment system the

effluents can be utilized in refrigeration systems and in irrigation of green areas from the own industry.

KEY-WORDS: Use, Wastewater and Textile Industry.

CAPÍTULO 1

INTRODUÇÃO E JUSTIFICATIVAS

1 INTRODUÇÃO E JUSTIFICATIVAS

O mundo vem enfrentando uma grave crise com a falta de água ocorrida por vários motivos, dentre eles podendo-se relacionar: a falta de água por condições climáticas e a poluição das águas superficiais e subterrâneas. No Brasil, não é diferente, afetado pela seca, como na região Nordeste, que maltrata milhões de famílias pela falta da água, gerando fome e pobreza, pois a maior parte das cidades nordestinas possui sua economia voltada para o setor agrícola. O país ainda é bastante afetado pela falta de uma estrutura de saneamento básico adequado, sendo a maior parte dos esgotos despejada nos corpos de água sem nenhum tipo de tratamento e na existência de tratamentos inadequados como as fossas sépticas e sumidouros que são, ainda, a maioria das disposições dos efluentes domésticos, contaminando os lençóis freáticos que geralmente contribuem para o abastecimento público.

Através do seu ciclo hidrológico, a água se constitui em um recurso renovável, reciclada de forma natural, tornando-se uns dos bens mais importantes e indispensáveis para a sobrevivência dos seres vivos. No entanto, devido as atividades antrópicas, a água, no seu ciclo, vem sofrendo várias modificações. Segundo o grande consumo de água frente à degradação ambiental que vem aumentando, os índices de qualidade desta vêm diminuindo com o passar do tempo.

Uma das causas da degradação ambiental são os avanços tecnológicos é a que vem crescendo de maneira contínua e descontrolada. Hoje, a escassez de água é um dos maiores problemas enfrentados pelo mundo. Torna-se cada vez mais importante desenvolver processos efetivos de tratamento de efluentes domésticos e industriais, combinados a práticas inovadoras para os avanços da humanidade, preservando, ao máximo, o meio ambiente, aliando-se aos meios sociais e econômicos.

Com a necessidade de se conservar o meio ambiente e combater a escassez de água, a prática do uso das águas residuárias tratadas é uma das melhores formas a se empregar, de maneira técnica, segura e econômica. Antigamente, esta técnica era utilizada, principalmente, em campos de irrigação e, só hoje, devido aos grandes problemas ambientais que o mundo vem enfrentando, é que a comunidade científica vem dando mais importância aos estudos relacionados ao uso dessas águas.

O uso das águas residuárias tratadas é de fundamental importância, principalmente quando se relaciona escassez de água com a sua qualidade, pois a utilização de águas residuárias está intimamente relacionada à qualidade do efluente, submetido a um tipo de tratamento, visando o seu destino final.

A indústria é uma das principais atividades econômicas que utilizam água em grandes quantidades, gerando os mais diversos tipos de contaminantes, conforme sua atividade. A indústria têxtil é uma das maiores consumidoras de água, variando entre 120 a 380 litros por metro de tecido processado (BRAILE, 1993 *apud* BALAN, 1996), gerando grandes volumes de efluentes, o que leva à necessidade de se controlar tais despejos, os quais estão entre os que oferecem maiores riscos à qualidade ambiental e à saúde pública, devido aos diversos tipos de produtos químicos utilizados, principalmente no processo de tingimento, como no uso dos corantes sintéticos que são de difícil degradação natural.

Pioneiro na industrialização do Brasil, o setor têxtil ocupa lugar de destaque na economia nacional, gerando milhões de empregos na atividade secundária do país. A primeira indústria têxtil do Brasil surgiu no Rio de Janeiro, em 1818. Devido a crise na atividade cafeeira, que gerou grandes abalos na economia brasileira na década de 30, a atividade industrial começou

a se destacar, firmando-se a partir da Segunda Guerra Mundial (www.modavip.com.br/HisIndTextil.htm#1).

No Estado do Rio Grande do Norte, com declínio da produção açucareira no ano de 1880, o algodão começou a despertar interesse devido à variedade típica da região, passando a ocupar lugar de destaque na economia potiguar a partir do século XX. E, foi com esse potencial econômico que surgiu, no ano de 1886, a indústria têxtil em nosso Estado, tendo boa aceitação tanto no mercado interno como no externo (MEDEIROS, 2000).

Nos anos noventa, devido a tradição na área têxtil, o Rio Grande do Norte tornou-se um dos principais pólos têxteis do Nordeste, conforme a profunda reestruturação que o setor industrial têxtil sofreu no país, quando, até indústrias locais que se encontravam paralisadas foram reativadas e ampliadas, sendo desenvolvido o processo de industrialização do setor têxtil do Estado (MEDEIROS, 2000).

Para o controle dos esgotos gerados no processamento industrial têxtil tornam-se de fundamental importância sistemas de tratamentos bem projetados. A execução de um eficiente sistema de tratamento de esgotos de uma indústria têxtil é regulamentada conforme o destino final dos efluentes, o que resulta em altos investimentos em relação aos tipos de tratamentos utilizados em efluentes domésticos, como nas lagoas de estabilização.

Em meio a esse contexto de altos investimentos, a utilização de águas residuárias de uma indústria têxtil procura combater a degradação ambiental, poupar água e gerar economia para a indústria, uma vez que no processamento têxtil se consome grande volume de água.

As diversas formas de utilização das águas residuárias estão relacionadas à situação em que se deseja empregar conforme os aspectos ambientais relacionados, como nos seguintes

tipos de uso: utilização para fins recreativos, em irrigações, nos processos industriais, no uso urbano, etc.

O uso de águas residuárias para fins específicos, como em fins menos nobres e que não necessitam de água de boa qualidade, torna-se de fundamental importância como uma das melhores alternativas ao combate ao desperdício de água, como por exemplo: o uso em processos industriais.

O estudo da caracterização do efluente da ETE de uma indústria têxtil, visando possíveis usos é pertinente, já que o Estado do Rio Grande do Norte possui inúmeras indústrias têxteis e estas, além de consumirem grandes volumes de água, geram efluentes com altas cargas de contaminantes. Neste sentido, o uso de águas residuárias tratadas procedentes de indústrias têxteis trará, além de benefícios ambientais, uma vez que estará se evitando a degradação do meio ambiente, benefícios sociais, com a diminuição do consumo de água, como também a geração de economia para a indústria, pois estará utilizando uma água que já possui.

CAPÍTULO 2

OBJETIVOS

2 OBJETIVOS

2.1 OBJETIVO PRINCIPAL

O presente estudo tem como objetivo principal a caracterização do efluente da ETE de uma indústria têxtil, visando possíveis usos.

2.2 OBJETIVO SECUNDÁRIO

- Avaliação preliminar do comportamento do sistema de tratamento de efluentes da indústria em estudo.

CAPÍTULO 3

REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

3 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

3.1 INDÚSTRIA TÊXTIL

3.1.1 INDÚSTRIA TÊXTIL NO MUNDO

A fiação e tecelagem são as formas mais antigas de trabalho humano, sendo a evolução da técnica da produção de tecidos relacionada à evolução das sociedades. É difícil de se entender a grandiosidade e exuberância dos tecidos produzidos no Antigo Egito dada a simplicidade dos instrumentos utilizados naquela época. O princípio da técnica da tecelagem utilizada nas pinturas gregas, o chamado “tear de Circe” e o “tear de Penélope”, ainda permanece em alguns estágios das máquinas automáticas utilizadas em nossos dias (www.modavip.com.br/HisIndTextil.htm#1).

Na antiguidade, a obtenção da matéria prima e sua produção era de grande dificuldade, sendo, no campo vegetal, o linho e o algodão, já no campo animal, a seda e a lã. A cultura do linho desenvolveu-se nas costas da Suécia e no Egito Antigo, o algodão veio da Índia; a seda surgiu na China durante o império de Huang-ti e a lã veio das estepes da Ásia Central se estendendo à Inglaterra (www.modavip.com.br/HisIndTextil.htm#1).

No final do século XV, a sociedade inglesa passa a sofrer transformações da propriedade agrícola em empresa manejada segundo os critérios do lucro. No XVI e XVII, é substituído o cultivo de cereais pela criação de ovelhas, dada a maior rentabilidade em função da alta dos preços da lã no mercado internacional. Segundo o desenvolvimento acelerado da tecelagem, que exige métodos mais modernos, surge a então chamada Revolução Industrial (www.modavip.com.br/HisIndTextil.htm#1).

A Revolução Industrial, promovida pelos ingleses, pôde criar condições para a introdução contínua de técnicas inovadoras e dar forma fabril às produções. O caráter verdadeiro dessa revolução levou o homem a tornar-se independente do trabalho apenas com a natureza,

passando a realizar suas atividades produtivas. O uso da máquina a vapor criada por James Watt tornou a fábrica uma realidade palpável (www.modavip.com.br/HisIndTextil.htm#1).

O primeiro ramo industrial a se tornar mecanizado foi o de manufatura de teares, por volta do ano de 1767. Em 1767, o inventor Arkwright criou o tear hidráulico, permitindo grande produção de fios, o qual provocou um desequilíbrio em função do número reduzido de tecelões que não conseguiam dar vazão à produção de tecidos. Cartwright solucionou o problema construindo o tear mecânico, o qual se tornou popular a partir do ano de 1820, permitindo o aparecimento de modernas indústrias de tecidos (www.modavip.com.br/HisIndTextil.htm#1).

Atualmente, as indústrias têxteis e de vestuário representam, juntas, a quarta atividade econômica mais importante do mundo, atrás apenas da agricultura, turismo e informática. O comércio mundial no setor têxtil movimenta em torno de 350 bilhões de dólares/ano e consome cerca de 60 milhões de toneladas/ano de fibras têxteis (www.valoronline.com.br/setoriais/pdfs/textil_cap_02_free.pdf).

O mercado mundial têxtil cresceu graças ao aumento de renda nos países desenvolvidos e conforme a abertura de novos mercados. Na Europa e no Japão, a demanda de vestuário cresceu a taxas mais modestas que a do consumo total destes; já nos Estados Unidos, a demanda setorial aumentou acima do consumo total (www.valoronline.com.br/setoriais/pdfs/textil_cap_02_free.pdf).

Nos países em desenvolvimento, em particular os asiáticos, o crescimento do setor têxtil também aumentou, isso devido ao reflexo de um movimento global de migração do setor industrial para regiões do planeta em que a mão-de-obra fosse mais barata (www.valoronline.com.br/setoriais/pdfs/textil_cap_02_free.pdf).

Sendo assim, pode-se distinguir dois movimentos: a globalização dos mercados e a regionalização do suprimento. O menor crescimento relativo do consumo têxtil em alguns países desenvolvidos e o surgimento de novos mercados na América Latina, Europa Oriental e Oriente Médio, que determinam novos movimentos do capital (www.valoronline.com.br/setoriais/pdfs/textil_cap_02_free.pdf).

3.1.2 INDÚSTRIA TÊXTEL NO BRASIL

Na carta de Pero Vaz de Caminha há referência de tecidos utilizadas pelas mãos indígenas ao segurarem seus filhos no colo. José de Anchieta faz relato sobre a utilização do algodão na confecção de tangas, fitas, charpas e redes. O colono português trouxe ao Brasil o descaroçador, a roca e o tear manual, com os quais se faziam panos de algodão, principalmente para o consumo interno. Com a fatura do algodão no norte do Brasil e com a necessidade da produção de tecidos para o uso interno, Portugal, em 1750, providencia a vinda de tecelões e pintores com o objetivo de estabelecer manufaturas de chitas, devido a grande escassez de tecidos, o que levava os religiosos a se vestirem com os farrapos das velas rôtas dos navios.

A técnica do tear inicialmente utilizada no Brasil era de origem indígena. Em Minas Gerais, o tear era todo de madeira e constava de carretilhas, pés direitos, formando grade e o órgão (rolo de linha), o qual fabricava toalhas, cobertores, riscados e até tecidos de fantasias. A fiação era realizada por roca ou roda de fiar. Já a operação de tingimento era feita com tintas vegetais da flora local, tais como: anil, aroeira, pacau, baraúna, caporosa, pereira, dentre outras. A tinta era obtida com o cozimento de cascas, raízes ou folhas, conforme o tipo de vegetal.

Em 1785, Portugal ordena o fechamento das fábricas existentes na Colônia, assim como na criação de novas, exceto as de panos grosseiros, para enfardamento, roupa de escravos e

empacotamento, o que impediu a evolução desta atividade, levando o atraso da implantação da indústria têxtil no Brasil.

A revogação do alvará de proibição das fábricas no Brasil, por Dom João VI, e os estímulos criados pela necessidade das técnicas manufatureiras, criaram condições para a atividade de tecelagem. No entanto, o tratado comercial existente com a Inglaterra, o qual conferia tarifa preferencial às importações inglesas, impediam o florescimento da indústria local (www.modavip.com.br/HisIndTextil.htm#1).

Somente em 1818, surge, no Rio de Janeiro, a primeira indústria têxtil criada no país. E, com a crise cafeeira na década de 30, o setor industrial começa a se expandir, tendo a indústria têxtil como destaque no novo setor econômico implantado no país, sendo o algodão a principal matéria-prima utilizada.

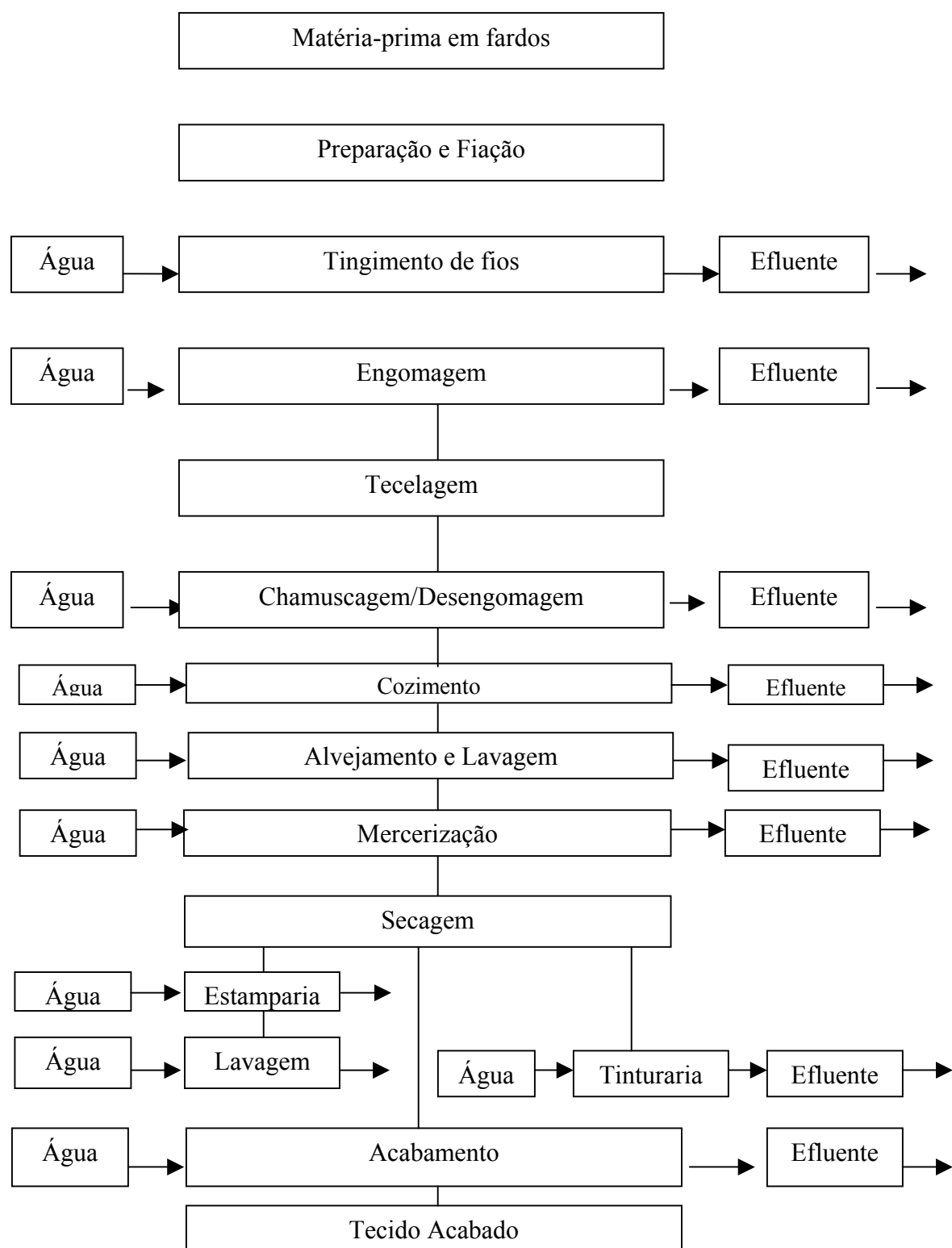
No Brasil, atualmente a indústria têxtil ainda ocupa lugar de destaque na economia do país, sendo um dos principais geradores de empregos. A partir dos anos 90, com a abertura do mercado local à concorrência internacional e, com a estabilização da moeda brasileira, o cenário econômico viu-se na necessidade de ser modificado, sendo implantado as regras globais para que o mercado interno se tornar competitivo (OLIVEIRA, 1995).

Apesar das diversas crises sofridas na economia mundial, o setor têxtil brasileiro ainda se encontra em expansão. No final da década de 90, este respondeu por 14% dos empregos gerados na indústria brasileira, apresentando novas tecnologias em modernização e expansão da capacidade produtiva (MONTEIRO FILHA e CORRÊA, 2003).

3.1.3 O PROCESSO INDUSTRIAL E AS ÁGUAS RESIDUÁRIAS DA INDÚSTRIA TÊXTEL

A indústria têxtil consome um volume bastante alto de água que é utilizada como meio de transporte para os produtos químicos adicionados aos processos, assim como na remoção do excesso daqueles produtos indesejáveis para o fio ou para o tecido (PERES & ABRAHÃO, 1998), conforme fluxograma do processo de uma indústria de algodão e fibras sintéticas apresentado na Figura 1.

Ao se falar em reuso no processo industrial têxtil, torna-se de fundamental importância caracterizar as etapas deste processo, para que se possa conhecer os produtos químicos adicionados e aqueles removidos no sistema de tratamento de efluentes. Os efluentes gerados por cada etapa do processo da indústria em estudo, conforme o exemplo da Figura 1, são captados e tratados em conjunto na estação de tratamento de efluentes, como também os esgotos sanitários produzidos na indústria. Esses efluentes resultantes das várias seções de processamento contêm compostos orgânicos como: amido, dextrinas, gomas, graxas, pectinas álcoois, ácido acético, corantes, sabões e detergentes e compostos inorgânicos como: hidróxido de sódio, carbonato, sulfato e cloreto. Nas etapas do processo industrial, o pH varia entre ácido e alcalino; já a turbidez e a cor, dependem do corante utilizado; os sólidos totais variam de 1.000 a 1.600 mg/L; e o teor de sólidos em suspensão varia na faixa de 30 a 50 mg/L. O volume de água consumido varia na faixa de 120 a 380 litros por metro linear de tecido processado (BRAILE, 1993 *apud* BALAN, 1996).



Fonte: Braile P.M., Cavalcanti, J.E.W.A, 1993 *apud* Peres, Clarita S., Abrahão, Abrão J., 1998.

Figura 1: Fluxograma do processo de uma indústria de algodão e sintéticos

De acordo com Araújo e Castro (1986), a qualidade da água utilizada na maioria das etapas do processo têxtil deve ser bem conhecida e monitorada periodicamente, para que não haja determinados problemas em suas operações, devendo ser obedecidas as seguintes exigências:

- Ausência de sólidos em suspensão e de substâncias que possam provocar manchas, espumas e cheiros desagradáveis durante o processamento dos artigos têxteis;
- O pH deve estar compreendido entre 5 e 9, o mais próximo do neutro;
- Ausência de substâncias que afetam as operações nos processos, tais como: sais de ferro, de manganês, cálcio, magnésio e metais pesados, nitritos, cloro, etc;

Segundo Peters (1967), para a indústria têxtil, a água é um elemento natural vital não somente para as caldeiras que fornecem o vapor de aquecimento para a secagem na linha de produção, como também para todos os processos de fabricação do seu produto têxtil que requeiram água. A indústria têxtil confronta-se principalmente com três problemas relacionados com a água: possuir uma qualidade de água apropriada para processar seus produtos têxteis, possuir fontes de água apropriadas para a alimentação em caldeiras e na prevenção a corrosão dos tanques de metais, tubulações de metais, etc. A qualidade necessária para a água da indústria têxtil é de fundamental importância para o seu desempenho correto. Na Tabela 1 (ANEXO 1, página 150) apresentam-se alguns dos limites apropriados para a qualidade da água nas indústrias têxteis no seu processo de fabricação.

Já Trotman (1975) relata que, uma fonte abundante de água é essencial para a produção na indústria têxtil. As indústrias têxteis geralmente utilizam fontes naturais de água para o seu consumo, que são provenientes tanto da superfície como do subsolo. É bastante difícil obter água com um grau elevado de pureza em fontes naturais, sendo desejável tanto o conhecimento como a remoção das impurezas existentes na água.

Devido à escassez de água de qualidade atualmente disponível, esta deve ser tratada para o uso na indústria têxtil, pois a água é matéria-prima de fundamental importância para o funcionamento de qualquer beneficiamento têxtil. A água quimicamente pura e livre de impurezas seria a ideal para esse tipo de indústria, mas em função de sua origem e as variações antrópicas as quais está sujeita, torna-se necessário que haja um tratamento adequado conforme os limites recomendados (RODRIGUES, 1997).

Portanto, quando se deseja reutilizar os efluentes tratados de uma indústria têxtil, tanto no seu próprio processo industrial como em outras finalidades, a eficiência do tratamento, conforme o uso, é fundamental, assim como um eficiente monitoramento da estação de tratamento.

A indústria têxtil possui diversas etapas em seu processo industrial, que vão desde a preparação da matéria-prima em fardos até o acabamento do tecido propriamente dito. A seguir, apresentam-se as diversas etapas do processo industrial têxtil, dispostas de forma ordenada.

- a) Matéria-prima em fardos: A matéria-prima utilizada nas indústrias têxteis do Nordeste em maior quantidade é o algodão, que chega sob a forma de fardos, e se encontra fortemente comprimido e intimamente misturado a restos de folhas e à cápsula que a continha, sementes ou partes de sementes, impurezas terrosas, etc. Na confecção dos fardos, o algodão encontra-se aglomerado sob a forma de emaranhados de fibras irregulares, umas maiores e outras de menores dimensões, o que não facilitará a limpeza individual das impurezas existentes no algodão, sendo os fardos submetidos a processos de industrialização para que possam ser submetidos à fiação (ARAÚJO & CASTRO, 1986).
- b) Preparação e fiação: O objetivo de se preparar o material para fiação é de se obter, a partir de uma fita cardada, processo de divisão da matéria-prima fibra a fibra, uma mecha com

uma espessura tal que possa permitir ao contínuo de fiação fiar um fio com a espessura desejada. O algodão é considerado um material de fibra curta e existem duas maneiras de se produzir o fio de algodão: pelo processo do fio cardado e pelo processo do fio penteado.

A preparação apropriada do fio é efetuada num tipo de máquina de funcionamento contínuo, o contínuo de fiação. O contínuo de fiação trata-se de uma máquina que tem o objetivo de executar, simultaneamente, as operações de estiragem, torção e enrolamento do fio final (ARAÚJO & CASTRO, 1986).

- c) Tingimento de fios: Este processo é realizado quando não se realiza o tingimento do tecido. Os fios seguem em rolos ou em bobinas para tinturaria e o processo se inicia com uma lavagem dos fios, nos quais são fervidos em rolos ou em bobinas, em soluções de soda cáustica para remoção de gorduras e detergentes; em seguida, passam pelo processo de tingimento propriamente dito e pela lavagem em água corrente.

O efluente proveniente deste processo é basicamente formado por corantes, soda cáustica e detergentes (MARTINS, 1997).

- d) Engomagem: O processo de engomagem visa fornecer ao fio um aumento de resistência mecânica, resistindo aos esforços nos teares, resultando em um tecido mais incorporado na etapa da confecção. Neste processo se consegue um melhor estiramento do tecido.

A engomagem baseia-se na utilização de gomas que são próprias para cada tipo de fio. Normalmente, são utilizados dois tipos básicos de goma: a goma de fécula de mandioca e as gomas sintéticas, à base de poli-acrilato, carboximetilcelulose e álcool polivinílico. Os fios são engomados a uma temperatura média de 100°C, através de processos contínuos ou por imersão (MARTINS, 1997).

O efluente gerado nesta operação provém dos compostos das gomas que devem ser solubilizadas com enzimas ácidas, detergentes alcalinos, sabões e emolientes. Já as gomas naturais, produzem um despejo biodegradável e são, por este motivo, preferíveis às sintéticas (MARTINS, 1997).

- e) Tecelagem: A tecelagem é a operação que transforma os fios em tecidos propriamente dito, e é usualmente uma operação seca. No entanto, há teares que empregam jatos d'água como sistema de inserção de trama e geralmente trabalham no processamento de fios sintéticos (PERES & ABRAHÃO, 1998).
- f) Chamuscagem: De acordo com Martins (1997), a chamuscagem é o processo de queima da penugem do pano, obtida pelo contato do mesmo com a chama direta. Esta etapa é subsequente à tecelagem e não gera resíduos, assim como a tecelagem.
- g) Desengomagem: Na transformação do fio de algodão para tecidos planos, diversas substâncias são adicionadas para aumentar a resistência à tração e lubrificação para a tecelagem, tais como: amido, amido modificado, álcool polivinílico, acetato polivinílico e carboximetil celulose. Nessa operação, o efluente que é gerado é proveniente da lavagem das caixas de engomagem, dos rolos, dos misturadores, da área de engomagem e, eventualmente, da descarga da solução de engomagem. O volume de esgoto gerado é relativamente baixo mas, de acordo com processo que seja utilizado na indústria, os valores de DBO (Demanda Bioquímica de Oxigênio), DQO (Demanda Química de Oxigênio) e SST (Sólidos Suspensos Totais) podem ser bastante altos. Nesse processo existe uma remoção de substâncias aplicadas nos fios por meio da solubilização, hidrólise ou oxidação da goma em uma forma solúvel. Os métodos utilizados nesse processo

variam conforme a goma utilizada, daí a variação do efluente gerado nesse setor (PERES & ABRAHÃO, 1998).

- h) Cozinhamento (alcalino): As gorduras, ceras, pectinas e sais minerais contidos nas fibras de algodão constituem um sério problema para o produto de fabricação, sendo removido de maneira eficaz na fase de operação designada por cozimento.

O cozimento consiste num tratamento à base de solução alcalina a uma temperatura próxima da ebulição. Nestas condições dá-se a hidrólise das gorduras e ceras, facilitando a sua remoção, obtendo-se um algodão hidrófilo.

A solução alcalina normalmente utilizada é a solução de hidróxido de sódio de 10 a 50 g/l, em presença de um detergente resistente à soda cáustica e com ótimo poder dispersante. Logo após, é feito um enxaguamento, que deverá ser efetuado com água fervente, para assegurar uma boa eliminação das ceras emulsionadas sem que haja coagulação.

Além das ceras e gorduras, são eliminadas, ainda nesta operação, todas as impurezas solúveis do algodão, como também as pectinas e as proteínas existentes (ARAÚJO & CASTRO, 1986).

- i) Alvejamento e Lavagem: A fibra de algodão crua é constituída em média por 90% de celulose, sendo que o restante das impurezas (substância solúveis em água, gorduras e ceras e pigmentos) deve ser eliminado a fim de elevar acima de 99% o teor de celulose (ARAÚJO & CASTRO, 1984 *apud* FREITAS et al, 2002). No processo de alvejamento, há uma remoção da coloração amarelada (impurezas) natural das fibras do algodão, aumentando assim a sua brancura. Esta operação torna-se indispensável se o tecido acabado for de cor branca ou tinto em cores claras. Para tons escuros, geralmente descarta-se esse processo e utiliza-se a purga. O algodão é purgado para remover sua cera

natural, pectina, óleos de fiação e outros componentes não celulósicos, sendo usadas soluções alcalinas, à quente, que contenham detergentes ou sabões (PERES & ABRAHÃO, 1998).

Os alvejamentos químicos podem ser realizados por ação oxidativa utilizando-se o clorito de sódio (NaClO_2), hipoclorito de sódio (NaOCl) e o peróxido de hidrogênio (H_2O_2) ou por ação redutiva, utilizando-se o ditionito de sódio (hidrossulfito de sódio – $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_4$). Portanto, os efluentes do alvejamento normalmente possuem uma alta concentração de sólidos a valores de DBO baixos ou moderados.

j) Mercerização: Este processo é utilizado para tecidos 100% algodão, que são tratados com a aplicação de banho por soda cáustica concentrada e logo após por acidificação para que se possa obter uma neutralização final. O objetivo desse processo é o de conferir brilho, aumentar a afinidade tintorial, como também o de se obter resistência. Os efluentes gerados pela mercerização possuem baixos valores de DBO como também baixas concentrações de sólidos totais (PERES & ABRAHÃO, 1998).

k) Tingimento (Tinturaria do tecido): O tingimento é executado para fornecer cor aos tecidos. As etapas do processo de tingimento são selecionadas de acordo com a natureza têxtil da fibra, classificação e disponibilidade do corante a ser empregado, propriedades de fixação do material a ser tingido assim como dos equipamentos a serem utilizados na tinturaria.

Devido à natureza química dos produtos utilizados no processo de tingimento, o efluente gerado na tinturaria possui uma difícil identificação por tipos genéricos. Os corantes utilizados são, de uma maneira geral, pequenas moléculas que possuem dois componentes principais: o cromóforo, responsável pela cor, e o grupo funcional, que une o corante à fibra. Por sua vez, os corantes residuais, formados nos efluentes, ligados aos auxiliares

químicos, tanto orgânicos como inorgânicos, são os responsáveis pela cor, sólidos dissolvidos e os altos valores de DQO e DBO nos efluentes de tingimento. Dessa forma, as características desses efluentes dependem também dos corantes utilizados, da fibra têxtil e do método de tingimento empregado no processo (PERES & ABRAHÃO, 1998).

Os metais pesados são outros compostos provenientes principalmente do efluente do tingimento, que podem ser originados da própria molécula do corante, como é o caso do cromo, nos corantes ácidos, ou do cobre, nos corantes diretos, podendo, também, ser originários de outros materiais utilizados no processo de tingimento.

- 1) Acabamento: O acabamento propriamente dito é efetuado sobre o tecido já branqueado, tingido ou estampado, com o objetivo de torná-lo mais adequado, conforme o caso empregado na fabricação (ARAÚJO & CASTRO, 1987).

3.2 SISTEMA DE TRATAMENTO DE ESGOTOS

As características dos efluentes industriais geralmente são bastante complexas e variam essencialmente com o tipo de atividade e com o processo industrial utilizado. A Tabela 2 (ANEXO 2, página 151) apresenta informações gerais acerca de alguns aspectos e da contaminação gerada por determinadas indústrias (SPERLING, 1996).

De acordo com a complexidade de seus efluentes, as indústrias necessitam de sistemas de tratamento avançados, com o objetivo de reduzir ao máximo a carga contaminadora destes. A indústria têxtil possui uma das principais atividades que precisam de tratamentos avançados de acordo com seu porte e sua produção.

Segundo Brito (1997), se entende por tratamentos avançados os processos ou combinações de processos que têm nos seus efeitos de depuração melhores resultados que os

processos mecânicos-biológicos usuais. Sendo uma das principais características a redução de nutrientes e uma elevada eliminação da porcentagem de matéria em suspensão.

De acordo com a concepção de muitos autores, alguns dos seguintes processos básicos: adsorção, micropeneiramento, filtração, eliminação de nutrientes (nitrogênio e fósforo) e desinfecção fazem parte dos processos de tratamentos avançados (BRITO, 1997).

No presente estudo, será dada ênfase ao processo de tratamento por lodos ativados.

3.2.1 LODOS ATIVADOS

Geralmente, a atividade industrial possui variações significativas nas composições do esgoto a ser tratado durante a linha de produção. De acordo com Nunes (1996), o tanque de equalização tem como finalidade principal homogeneizar o efluente, tornando-o bem uniforme, segundo os parâmetros de: pH, temperatura, turbidez e, principalmente, as vazões de entrada.

A formação do lodo ativado é realizada no esgoto bruto ou decantado em função do crescimento de bactérias na presença de oxigênio dissolvido, sendo acumulado em concentrações suficientes graças ao retorno de outros flocos previamente formados (PESSÔA e JORDÃO, 1982).

Um dos principais sistemas por lodo ativado é o de aeração prolongada, que tem como função primordial a alta redução da carga de DBO aplicada por unidade de volume (SPERLING, 1997). Como o esgoto gerado no processo industrial têxtil é altamente químico, torna-se necessário, para o correto funcionamento do reator, a presença de nutrientes; logo, o esgoto sanitário gerado na indústria, normalmente, é tratado em conjunto, entrando justamente na fase de aeração com o objetivo de servir como a principal matéria orgânica a ser degradada.

O processo biológico no tratamento de efluentes depende da ação de microrganismos existentes no esgoto, no qual os fenômenos relativos à respiração e à alimentação são predominantes na transformação dos compostos complexos em simples, tais como: gás carbônico, sais minerais e outros (PESSÔA e JORDÃO, 1982). Contudo, em decorrência da grande remoção do substrato por meio da ação dos microrganismos, há um aumento proporcional da taxa de crescimento bacteriano (SPERLING, 1997).

Na etapa biológica, além da remoção da matéria carbonácea e nitrogenada, pode existir a estabilização do lodo no próprio reator. Segundo as elevadas idades do lodo, estes são responsáveis não apenas pela oxidação da DBO e da amônia, como também pela digestão aeróbia da biomassa. Dependendo da idade do lodo adotada, a digestão da fração biodegradável pode ser parcial ou praticamente total.

A etapa de sedimentação é fundamental para o processo de lodos ativados, sendo realizada pelo decantador secundário. Os decantadores secundários são geralmente a última etapa de tratamento, ditando a qualidade do efluente final em termos de DBO, sólidos suspensos e até mesmo nutrientes.

O lodo acumulado durante um período de tempo no fundo do decantador possui, em sua maioria, bactérias ainda ativas do ponto de vista da capacidade de assimilar a matéria orgânica. Deste modo, é sugestiva a utilização destas bactérias no auxílio da remoção da matéria orgânica conforme o princípio de que, quanto maior a concentração da biomassa, maior será a quantidade de DBO removida. A recirculação da biomassa é o princípio básico do sistema de lodos ativados, fazendo, também, com que os microrganismos permaneçam mais tempo no sistema (SPERLING, 1997).

Por fim, no término das etapas de recirculações do lodo, este é tratado a parte por sistema próprio, e as águas residuárias tratadas são lançadas em corpos receptores ou reutilizadas.

3.3 UTILIZAÇÃO DE ÁGUAS RESIDUÁRIAS

3.3.1 ASPECTOS GERAIS

De acordo com a necessidade do manejo correto do meio ambiente, o conceito de desenvolvimento sustentável, que é um processo de transformação que exige harmonia entre todas e quaisquer atividades realizadas pelo homem, no qual o uso dos recursos naturais, assim como a direção dos investimentos, a orientação do desenvolvimento tecnológico e a mudança institucional deverão ser realizadas de forma que não comprometa a sobrevivência e evolução das futuras gerações da humanidade, procurando aliar os aspectos sociais, econômicos e ambientais de maneira sadia e obedecendo aos critérios técnicos relevantes nas legislações existentes (BARBIERI, 1997), é hoje um dos maiores exemplos a se seguir.

As formas de utilização de águas residuárias devem ser analisadas de maneira bastante criteriosa, verificando-se o melhor tipo à situação que se deseja empregar, de acordo com os aspectos sociais, econômicos e ambientais, quer seja ao se projetar estações de tratamento para um uso específico como também ao se estudar estações já projetadas que poderão ter processos de melhoria ou não em seus sistemas.

O largo consumo de água no mundo tem se elevado bastante nos últimos tempos. Em 1940, estimava-se um consumo per capita de 400 metros cúbicos por ano, já nos dias de hoje, esse consumo é estimado em 800 metros cúbicos por ano (ETSCHMANN, 2000).

Através do seu ciclo hidrológico, a água se constitui em um recurso renovável, reciclada de forma natural, tornando-se uns dos bens mais importantes e indispensáveis para a

sobrevivência dos seres vivos. No entanto, devido às atividades antrópicas, a água no seu ciclo vem sofrendo várias modificações que põem em risco a sua qualidade (HESPANHOL, 2002).

Água também possui um valor intrínseco para a proteção, conservação e melhora do que hoje denominamos de meio hídrico natural, constituindo um substrato físico-químico e biológico das plantas, animais e seres humanos que configuram todo o entorno vital do planeta (MORENO, 2000).

Sendo assim, antes de se poluir cursos d'água com despejos de esgotos, tanto domésticos quanto industriais, estes podem e devem ser recuperados e utilizados para diversos fins como uma das melhores alternativas ao combate a poluição. A qualidade da água residuária a ser utilizada e o objeto específico do uso, estabelecem os níveis de tratamento recomendados, os critérios de segurança a serem adotados como os custos de capital e de operação associados a manutenções preventivas (HESPANHOL, 2002).

Os volumes relativos dos efluentes gerados variam conforme o número e o tipo das instalações comerciais e industriais existentes, como a antiguidade do esgoto e o comprimento das redes coletoras (METCALF & EDDY, 1995). Uma estação de tratamento de esgotos (ETE) é projetada segundo o volume e a característica do esgoto que entra na estação, em efluentes que possuem vazões inconstantes, como das indústrias, tornando-se necessário o uso de tanques de equalização nos sistemas de tratamento. Os parâmetros mais importantes para a coleta, tratamento e despejo, assim como no controle de uma gestão técnica para qualidade ambiental estão apresentados na Tabela 3 (ANEXO 3, página 154). Já os valores típicos dos parâmetros presentes numa água residual bruta são apresentados na Tabela 4 (ANEXO 4, página 156).

Uma das principais formas de utilização de águas residuárias é o uso na agricultura, levando-se em conta que os nutrientes contidos nelas são fundamentais para as plantas, mas para

que esta realidade necessária seja praticada tecnicamente correta e não pondo em risco a saúde pública, tornam-se indispensáveis sistemas de tratamentos bem projetados e executados conforme o fim específico. Na América Latina, no ano de 2000, estimou-se que mais de cem milhões de metros cúbicos de águas residuárias domésticas foram despejadas diariamente através de drenagens, das quais menos de 10% receberam algum tipo de tratamento antes de serem despejados em rios ou reutilizados na irrigação agrícola (CEPIS, 1995 *apud* PEASEY et al, 2000). Atualmente, na América Latina, em torno de 400 m³/s de águas residuárias não tratadas são despejadas em rios e lagos e sobre 500.000 hectares de terras irrigáveis, como: México, Chile, Peru e Argentina (CEPIS, 1996 *apud* PEASEY et al, 2000).

Até 1999, no Chile, nenhum regulamento eficaz existia para limitar as concentrações dos contaminantes das águas residuárias das atividades industriais. Isto levou a sérios danos em diversos rios do país, prejudicando a produção agrícola, dentre outras. Em meio a esse prejuízo ambiental, foram criadas leis que regulam a disposição das águas residuárias em corpos d'águas superficiais, obrigando as atividades industriais a cumprirem as concentrações máximas permitidas, conforme a Tabela 5 (ANEXO 5, página 157).

Em meio a essa realidade, ao se falar em utilização de águas residuárias, torna-se de fundamental importância que esta possua um sistema de tratamento de efluentes conforme o tipo de uso, de acordo com os parâmetros estabelecidos em normas.

Segundo Metcalf & Eddy (1995), a necessidade total de água no uso industrial era estimada, aproximadamente, em 1.250.000.000 m³/dia para o ano 2000. De acordo com as limitações estabelecidas para o controle dos despejos de efluentes, espera-se que tecnologias de gestão de água nas indústrias sejam implantadas, no qual se prever que a reciclagem destas

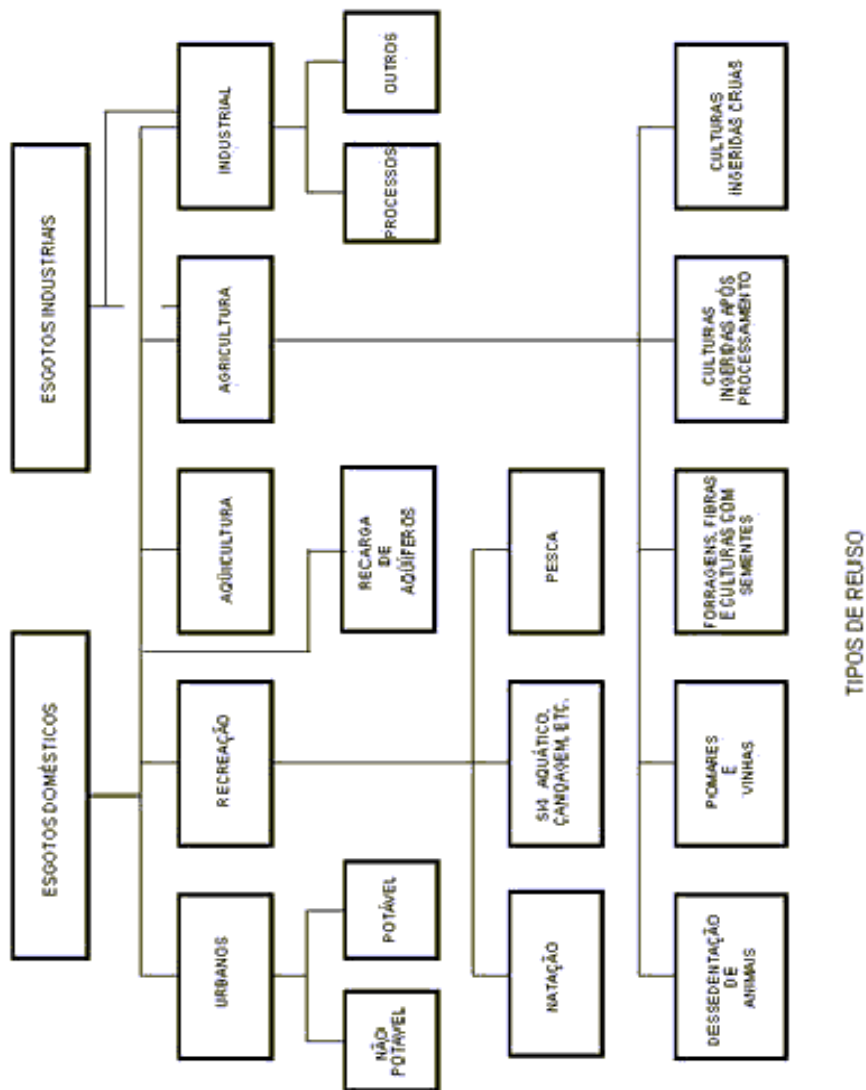
aumento em torno de seis vezes aos valores constatados em 1975, conforme apresentado na Tabela 6 (ANEXO 6, página 158).

3.3.2 – TIPOS DE USO

Em meio à necessidade de se preservar o meio ambiente, atualmente, diversas são as formas de utilização de águas residuárias. O uso da água residuária está diretamente relacionado com a qualidade que esta deva ter, assim como no processo de tratamento a ser adotado para que se possa alcançar os padrões estabelecidos. O tipo de sistema de tratamento de efluentes pode ser dividido em dois grupos: os sistemas de tratamento intensivo e o extensivo. O sistema intensivo é representado pelos processos tecnológicos avançados que incluem desinfecção (cloração, ozonização, radiação UV, etc) e tratamentos terciários (filtração, coagulação-floculação, flotação, processos de membrana, osmose reversa, etc). Estes processos geralmente possuem elevada eficiência e um rendimento uniforme, mas, sob o aspecto econômico, estes possuem altos custos e necessitam de um monitoramento bem especializado. Já o extensivo, é representado pelas lagoas de estabilização, bacias de decantação, infiltração por percolação e fitopurificação. O sistema extensivo apresenta nível tecnológico mais baixo e monitoramento mais simples. A eficiência do tratamento extensivo é baseada nos fatores climáticos e nas circunstâncias ambientais que operam no sistema, não apresentando os mesmos resultados que os obtidos no intensivo (BORTONE e PINESCHI, 2000). A Tabela 7 (ANEXO 7, página 159) apresenta alguns tipos de uso relacionados com os sistemas de tratamento (intensivo e extensivo).

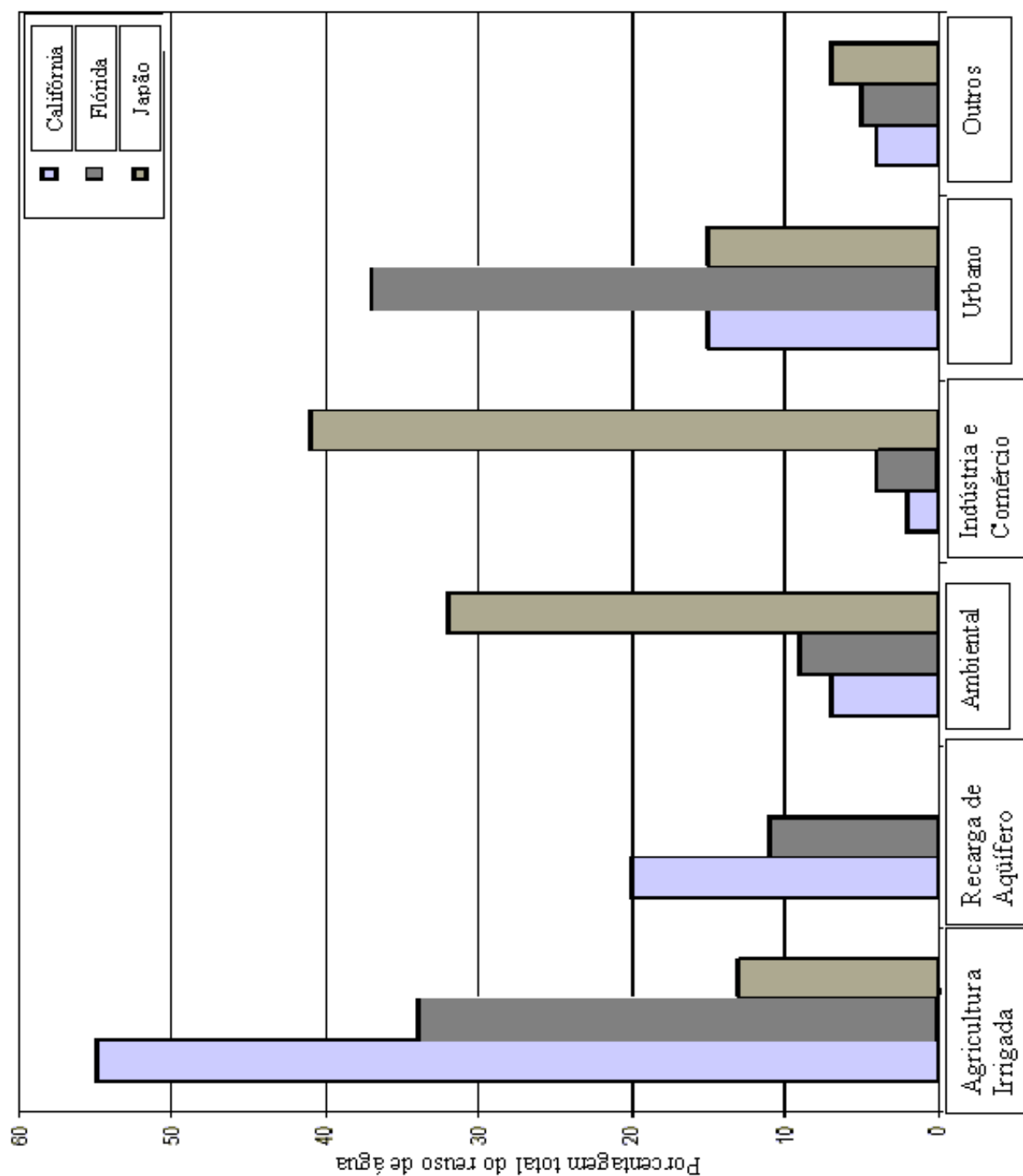
Os tipos de uso, também, estão intimamente relacionados às características, condições e fatores locais de onde se deseja utilizar, tais como decisão política, esquemas institucionais, disponibilidade técnica e fatores econômicos, sociais e culturais. A Figura 2 apresenta, esquematicamente, as formas básicas de usos potenciais de esgotos tratados, podendo ser

implementados, tantos em áreas urbanas como rurais (HESPANHOL, 2002). Já na Figura 3, apresenta-se a distribuição dos principais tipos de uso aplicados na Califórnia, Flórida e Japão, respectivamente nesta ordem.



Fonte: Ivanildo Hespanhol, 2002.

Figura 2: Esquema das formas básicas do uso de águas residuárias



Fonte: Asano T. Source (1998) *apud* Kretschmer et al (2003).

Figura 3: Comparação da distribuição de águas recuperadas aplicadas na Califórnia, Flórida e Japão

De acordo com Salgot e Pascual (2002), diversas são as aplicações das águas residuárias depuradas em estações de tratamento, conforme o tipo de uso a ser empregado. Na Tabela 8 (ANEXO 8, página 160) apresentam-se algumas aplicações segundo o tipo de utilização.

Contudo, a utilização de águas residuárias segundo o seu tipo requer controles específicos para cada situação empregada, quer seja na eficiência dos tratamentos assim como na operação destes, os quais devem ser monitorados por profissionais qualificados. Os principais tipos de uso são esclarecidos conforme abaixo:

a) Usos Urbanos

O uso de águas residuárias no setor urbano é bem amplo e diversificado, porém, seu uso não é tão comum devido a exigência de tratamentos avançados e bem monitorados, o que gera custos bem elevados em relação aos benefícios correspondentes. De uma maneira geral, os efluentes tratados podem ser utilizados para fins potáveis e não potáveis no contexto urbano (HESPANHOL, 2002).

No uso para fins potáveis, devido a presença de organismos patogênicos e de compostos orgânicos sintéticos presentes na grande maioria dos efluentes disponíveis ao uso, principalmente nos esgotos tratados em estações de grandes conurbações com pólos industriais, torna o uso potável como uma alternativa quase improvável associada a custos elevados (HESPANHOL, 2002).

Entretanto, caso seja indispensável o uso para fins potáveis, algumas medidas de segurança devem ser tomadas, tais como:

- Não utilizar os efluentes tratados diretamente para consumo, sim diluídos a reservatórios de abastecimento seguidos pelo processo de tratamento de águas.

- Utilizar exclusivamente esgotos domésticos, por ser um efluente de mais fácil identificação dos contaminantes em relação aos efluentes industriais que geralmente possuem cargas poluidoras bem complexas.
- Empregar barreiras múltiplas nos sistemas de tratamento e distribuição. De acordo com os riscos associados à utilização de esgotos para fins potáveis, torna-se necessário a existência de unidades de tratamento suplementares.
- Aceitação pública confirmada e a responsabilidade nos riscos assumidos.

Conforme Hespanhol (2002), os usos urbanos para fins não potáveis envolvem riscos bem menores, os quais devem ser considerados como primeira alternativa. Contudo, apesar de não oferecer grandes riscos à saúde pública, cuidados especiais devem ser tomados quando o uso é praticado em gramados de parques, jardins, hotéis, áreas turísticas e campos de esportes. Usualmente, são empregadas as águas residuárias em:

- Irrigação de parques e jardins públicos, centros esportivos, campos de futebol, quadras de golfe, jardins de escolas e universidades, gramados, árvores e arbustos decorativos ao longo de avenidas e rodovias;
- Irrigação de áreas jardinadas ao redor de edifícios públicos, residenciais e industriais;
- Reserva de proteção contra incêndios;
- Controle de poeira em movimentos de terra, etc.
- Sistemas decorativos aquáticos tais como fontes e chafarizes, espelhos e quedas d'água.
- Descarga sanitária em banheiros públicos e em edifícios comerciais e industriais.

- Lavagem de trens e ônibus públicos.

b) Usos agrícolas

De acordo com as grandes vazões geradas pelos efluentes domésticos frente a escassez de água para irrigação, o reuso de águas residuárias na agricultura é uma das alternativas mais empregadas, gerando resultados excelentes quando realizadas sob os aspectos técnicos e de maneira segura, principalmente, pelos nutrientes existentes nos esgotos, relacionados com a necessidade destes às plantas.

Segundo Kretschmer et al (2003), ao comparar o uso potável com o uso na agricultura, as exigências para irrigação são bem menores para o tratamento de efluente, o que não afasta a necessidade de se controlar o uso das águas residuárias na agricultura, uma vez que existem dois tipos de irrigação: a restrita e a irrestrita. O controle do uso conforme o tipo de irrigação é apresentado sob os seguintes aspectos:

b.1) Irrigação restrita

- Uso de efluentes com qualidade baixa em áreas limitadas e somente para colheitas específicas.
- As limitações impostas são baseadas no tipo de solo, da proximidade da área irrigada com o aquífero potável, com o método de irrigação, da técnica de colheita e com a taxa da aplicação do fertilizante.
- Baixos custos, em geral aplicável somente a quantidades pequenas de águas residuárias, usadas em situações específicas, em áreas e colheitas bem definidas e sob improváveis mudanças

- A limitação imposta da colheita deve ser reforçada e controlada. Os fazendeiros devem ser treinados para que possa garantir a qualidade baixa do efluente.

b.2) Irrigação irrestrita

- Uso de efluentes com qualidade elevada, podendo irrigar as colheitas sem nenhuma limitações.
- O contato e consumo acidental com o mesmo não devem por em riscos a saúde.
- As colheitas sem nenhuma limitação incluem também vegetais ingeridos crus.

O padrão de qualidade pode variar durante a irrigação e não no período da irrigação. Pode ser mais elevado durante os intervalos em que a irrigação não é praticada, para assegurar uma descarga relativamente segura na receptação dos corpos da água (KRETSCHMER et al, 2003).

c) Usos Industriais

O setor industrial é uma das principais atividades econômicas geradoras de águas residuárias. Na maioria dos países, a existência de tratamentos adequados segundo a disposição final dos efluentes é obrigatória. Os custos elevados da água industrial associados às crescentes demandas têm levado, atualmente, as indústrias a avaliarem diversas formas de consumo de água, sendo uma delas o uso das águas residuárias nos seus processos industriais.

Segundo Hespanhol (2002), a utilização de águas residuárias de indústrias que apresentam possibilidade de ser viabilizada em suas áreas de concentração mais significativas são basicamente as seguintes:

- Em torres de resfriamento, como água de "make-up".
- Em caldeiras.

- Na construção civil, incluindo preparação e cura de concreto, e para compactação do solo.
- Na irrigação de áreas verdes de instalações industriais, lavagens de pisos e alguns tipos de peças, principalmente na indústria mecânica, e
- Nos processos industriais.

Como dito anteriormente, o tipo de uso está intimamente relacionado com o tipo de tratamento e a qualidade do efluente final, pois, quando não se exige níveis elevados de tratamento, é recomendável utilizar o programa do uso industrial, em torres de resfriamento (HESPANHOL, 2002). Mas, quando se deseja utilizar no próprio processo industrial, exige-se tratamentos mais específicos, que variam conforme a indústria e de acordo com a etapa de produção industrial em que se deseja utilizar.

d) Recarga de Aquíferos

Os aquíferos subterrâneos são realimentados em zonas ou áreas de recarga, ou diretamente, por meio de irrigação ou precipitação, o que, raramente, resulta em poluição das águas. A recarga artificial dos aquíferos é uma técnica desenvolvida pela engenharia de recursos hídricos com a finalidade de aumentar a disponibilidade de água resolvendo problemas localizados, sendo utilizados efluentes adequadamente tratados (HESPANHOL, 2002). Esta prática é direcionada para os seguintes objetivos:

- Proporcionar tratamento adicional de efluentes;
- Aumentar a disponibilidade de água em aquíferos potáveis ou não potáveis;
- Proporcionar reservatórios de água para uso futuro;
- Prevenir subsidência do solo,e;

- Prevenir a intrusão de cunha salina, em aquíferos costeiros.

3.3.3 NORMAS PARA USO DAS ÁGUAS RESIDUÁRIAS

3.3.3.1 NORMAS PARA USO URBANO

O uso urbano tem como predominância a utilização de águas residuárias em fins não potáveis, tais como: parques públicos, áreas escolares, campos desportivos, campos de golfe, canteiros centrais, etc. Contudo, a irrigação urbana expõe, em geral, o público ao potencial dos microorganismos que podem sobreviver na água recuperada. Isto devido a aderência das partículas da matéria em suspensão, as quais abrigam bactérias, vírus, ovos de helmintos, etc, à grama, planta e bancos de parques. Os critérios da OMS estabelecidos para a proteção da saúde pública nos parques das cidades irrigados com a água recuperada limitam valores menores que 200 CF/100mL, sendo liberado o contato direto com a população (JORDÂNIA, 2001).

Em 1995, a Jordânia elaborou uma norma com padrões estabelecidos para a utilização de águas residuárias domésticas em diversos usos; dentre eles, apresenta-se a utilização em parques públicos (Tabela 9 – ANEXO 9, página 162).

Atualmente, a Jordânia apresenta uma nova proposta com alguns padrões legalmente obrigatórios para a utilização de águas residuárias recuperadas para uso urbano, apresentados na Tabela 10 (ANEXO 10, página 165), os quais são classificados como os critérios mais importantes de análise, oferecendo grande proteção ao público (JORDÂNIA, 2001).

O Brasil ainda não possui uma legislação específica para a utilização de águas residuárias, sendo usualmente utilizada a Resolução de CONAMA N° 020/86, conforme os fins para uso. A classificação para o uso da água, de acordo com esta resolução, procede segundo o tipo da mesma, sendo dividida em classes. As classes 1, 2 e 3 podem ser estabelecidas para o uso urbano, assim como outros; subdividindo-se da seguir forma:

1 - Classe 1, águas destinadas:

- a) ao abastecimento doméstico após tratamento simplificado;
- b) à proteção das comunidades aquáticas;
- c) à recreação de contato primário (natação, esqui aquático e mergulho);
- d) à irrigação de hortaliças que são consumidas cruas e de frutas que se desenvolvam rentes ao Solo e que sejam ingeridas cruas sem remoção de película.
- e) à criação natural e/ou intensiva (aquicultura) de espécies destinadas á alimentação humana.

2 - Classe 2, águas destinadas:

- a) ao abastecimento doméstico, após tratamento convencional;
- b) à proteção das comunidades aquáticas;
- c) à recreação de contato primário (esqui aquático, natação e mergulho);
- d) à irrigação de hortaliças e plantas frutíferas;
- e) à criação natural e/ou intensiva (aquicultura) de espécies destinadas à alimentação humana.

3 - Classe 3 - águas destinadas:

- a) ao abastecimento doméstico, após tratamento convencional;
- b) à irrigação de culturas arbóreas, cerealíferas e forrageiras;
- c) à dessedentação de animais.

A Tabela 11 (ANEXO 11, página 165) apresenta os parâmetros estabelecidos na referida resolução, podendo o uso ser em áreas urbanas. Para o contato direto com o público,

utilizam-se os limites estabelecidos nas classes 1 e 2 e para área urbanas em que não existe o contato direto com a população pode-se utilizar os constituídos na classe 3.

Já a Tabela 12 (ANEXO 12, página 170) apresenta os principais parâmetros de controle de qualidade da água do México, conforme suas utilidades no uso urbano. Devido a necessidade de utilizar as águas residuárias, este regulamento serve como subsídio para o estabelecimento dos padrões de tratamento de esgotos de acordo com o seu uso (SCOTT et al, 2001).

3.3.3.2 NORMAS PARA IRRIGAÇÃO

As opções para projetos do uso sustentáveis estão relacionadas com a qualidade final do efluente, e ao risco ambiental conforme a aplicação destes na agricultura. Em muitos países, problemas como a poluição de corpos hídricos pelos esgotos domésticos e industriais e a necessidade do racionamento de água, têm levado à prática do uso de águas residuárias na agricultura, considerando os laços de interação devido a reciclagem dos nutrientes. O solo, nesta atividade, funciona como um reator, de acordo com sua capacidade de depuração dos contaminantes seguindo os parâmetros estabelecidos em normas (KRETSCHMER et al, 2003). A Tabela 13 (ANEXO 13, página 171) fornece, de maneira geral, uma norma que estabelece os valores dos parâmetros para a qualidade da água utilizada para irrigação, de acordo com o grau de limitação.

Já a Tabela 14 (ANEXO 14, página 173) apresenta a comparação entre leis e normas, quanto aos parâmetros físico-químicos e biológicos de alguns países e organizações, para a utilização de águas residuárias conforme o tipo de tratamento para a irrigação de colheitas destinadas ao consumo humano.

A norma estabelecida pela Agência de Proteção Ambiental dos Estados Unidos (EPA) especifica algumas aplicações para o uso de águas residuárias em irrigação (Tabela 15 - ANEXO 15, página 175), assim como quanto às distâncias apropriadas para recuos (KRETSCHMER et al, 2003).

Os principais parâmetros de controle de qualidade para a utilização de efluentes tratados são os biológicos, devido ao risco de contaminação à saúde pública. A Organização Mundial de Saúde (OMS) elaborou uma norma que estabelece os limites biológicos por tipo de irrigação (Tabela 16 – ANEXO 16, página 176).

A presença de substâncias tóxicas nas águas utilizadas para agricultura também é totalmente indesejável, devido ao risco de contaminação à saúde pública. Na Tabela 17 (ANEXO 17, página 178) apresentam-se as concentrações máximas permitidas pela lei alemã, para microelementos tóxicos na água de irrigação (VOLTERRA, 2000).

A norma de 1995 da Jordânia também apresenta padrões para a utilização de águas residuárias na irrigação agrícola (Tabela 18 – ANEXO 18, página 179).

3.3.3.3 NORMAS PARA USO INDUSTRIAL

Geralmente, a atividade industrial requer, para utilização da água, uma qualidade muito alta, devido a grande variedade no seu uso. A água residuária tratada, conforme os fins específicos, serve como substituta para a água potável em uma determinada indústria. Logo, o grau de qualidade da água utilizada, que está associado ao fim a que se destina, pode impor suas próprias exigências. Essas exigências estão relacionadas com as características específicas das demandas da indústria, do tipo de processo, do ciclo do uso entre processo e estação de tratamento e do tipo de produto manufaturado. Além das exigências da qualidade da água quanto a saúde pública e de proteção ambiental, devem ser examinados e estabelecidos critérios de

padronização na própria indústria (JORDÂNIA, 2001). Como já mencionado anteriormente, várias são as possibilidades do uso industrial, detalhados a seguir:

a) Torres de refrigeração

A maioria dos sistemas de refrigeração pode ser convertida para o uso da água residuária tratada por um longo período, desde que esteja relativamente pronta quanto ao controle biológico e químico. A sílica e o cálcio podem precipitar em alta temperatura, dando forma às escalas minerais que reduzem a potencialidade de transferência dos componentes de troca de calor. A contaminação biológica pode acontecer se os níveis de coliformes não forem baixos, devido a não existência de concentração adequada de cloro residual na água. Alguns sistemas de refrigeração possuem tubulações de condensação feitas de ligas especiais, tais como o bronze. Estas ligas podem ser corroídas no decorrer do tempo, caso a água tenha até mesmo pequenas concentrações de amônia. Logo, o tratamento adicional pode ser necessário para remover agentes contaminantes e corrosivos. Como também, com a evaporação da água e o aumento de sal de acordo com os ciclos, as propriedades de resfriamento podem diminuir conforme a perda da qualidade da água. Isto limita demasiadamente o número dos ciclos de refrigeração com uma água que possua níveis elevados de sólidos dissolvidos, em relação aos primeiros ciclos que possuem baixas concentrações. A implicação econômica do número reduzido de ciclos no uso desta água é bastante significativa para as indústrias envolvidas (JORDÂNIA, 2001).

O uso da água residuária nos sistemas de refrigeração é um dos mais usuais; aproximadamente 75% de todo o uso da água industrial é para este fim, o que geralmente resulta em mais de 90% do volume total do uso nesta atividade econômica (MARTINS, 1997). A Tabela 19 (ANEXO 19, página 182) apresenta alguns limites impostos às características da água utilizada para sistemas de resfriamento.

Para os demais usos nas indústrias, também são estabelecidos limites permissíveis para a água tratada. Nos processos têxteis, a água deve apresentar baixos teores de sólidos em suspensão, turbidez, cor, ferro e manganês. A dureza pode causar manchas nos tecidos e interferir nas etapas de lavagem com o uso de sabões. Já os nitratos e os nitritos podem causar problemas no processo de tingimento (MARTINS, 1997).

b) Água de alimentação para caldeiras

O controle e o tipo de tratamento químico a ser adotado para a qualidade da água utilizada em caldeiras dependem do conhecimento das substâncias ou elementos dissolvidos, assim como do tipo de caldeira adotada. As caldeiras de baixa pressão e baixa taxa de vaporização toleram uma maior concentração de impurezas, o que, dependendo da origem desta água, não há a necessidade de um tratamento externo. Nesta situação, o tratamento interno é suficiente para os objetivos finais, desde que apresentem teores de substâncias dissolvidas e sólidos em suspensão aceitáveis, caso contrário, um pré-tratamento de acordo com as características da fonte de água torna-se indispensável (ZANONE e TORRES, 1997). A Tabela 20 (ANEXO 20, página 183) apresenta os principais problemas causados pelos parâmetros físico-químicos, quando acima dos valores estabelecidos seguidos pelos meios de tratamento.

c) Mistura de concreto

O uso da água residuária tratada na mistura do concreto para finalidades da construção é apropriado, tendo resultados de resistência comparáveis aos feitos com água potável. No transporte do concreto nos caminhões betoneiros também se pode carregar tipicamente a água recuperada para lavagem dos próprios caminhões. Contudo, os nutrientes existentes podem estimular o crescimento de algas, o que pode levar a danificação, sendo necessário a escovação e continuo enxágüe. Algumas companhias concreteiras que praticam o uso de águas residuárias

preferem utilizar água potável para a limpeza dos caminhões, evitando os possíveis problemas e pelo fato de ser um volume relativamente pequeno (JORDÂNIA, 2001).

d) Tingimento de tecidos

O tingimento de tecidos não se contrapõe aos índices de sais elevados da água residuária tratada, devido a redução da adição de sais necessários no processo, prática esta normal que serve para melhorar a adesão da tintura aos tecidos. Entretanto, são críticos em relação aos índices de ferro e alguns outros constituintes que alteram a cor na água. A consistência da qualidade da água é a exigência mais crítica, porque, ao se tingir um tecido, envolve-se um balanceamento das características químicas da água e com as de tinturaria (JORDÂNIA, 2001).

e) Processos industriais

As indústrias que utilizam água em operações delicadas ou integram a água nos processos de manufaturamento de seus produtos geralmente necessitam de água com altíssima qualidade. A maioria delas (companhias eletrônicas, processadoras de alimento, fabricantes de bebida, as químicas, as farmacêuticas etc) pré-tratam toda a água a um nível muito elevado, antes de utilizar. Alguns processos de tratamento, como a osmose reversa, requerem água de alimentação livres de contaminantes biológicos os quais podem prejudicar as membranas do sistema. Em geral, o uso da água residuária tratada não deve ser utilizada em nenhum processo industrial o qual necessite de elevada qualidade, como no processamento industrial de alimentos (JORDÂNIA, 2001).

3.3.3.4 NORMA PARA RECARGA DE AQUÍFEROS E OUTROS USOS

Apesar de não tão comum, a utilização de águas residuárias tratadas para a recarga de aquíferos, assim como outros tipos, torna-se de fundamental importância para alguns países que

realmente sofrem com a escassez de águas. A Tabela 21 (ANEXO 21, página 185) apresenta os padrões máximos estabelecidos para o uso em recarga de aquíferos e outros.

3.3.4 ASPECTOS ECONÔMICOS

A Nações Unidas, em seu relatório anual, faz terríveis projeções para o futuro da humanidade. A previsão da ONU para 2050 é que mais de 45% da população mundial não poderá contar com a percentagem mínima de água para as necessidades básicas. Segundo estudos estatísticos, atualmente, 1,1 bilhão de pessoas praticamente não têm acesso à água doce. E nessa mesma base de estudo há uma projeção de caos em pouco de mais de 40 anos, quando a população mundial estará atingindo a faixa de seus 10 bilhões de indivíduos (JACOBI, 2000).

O Brasil é um dos países que possui as maiores reservas de água potável do mundo. Porém, é considerado um dos países com os mais altos índices de desperdício de água. Conforme o relatório da última reunião do Parlamento Latino Americano, realizada no México no ano de 2003, o Brasil utiliza mais 40% da água potável para o consumo humano, e a média ideal considerada pela ONU é de 20% (GUIMARÃES, 2004).

A Tabela 22 (ANEXO 22, página 187) apresenta os volumes aproximados dos recursos hídricos renovados anualmente em alguns países, assim como o seu consumo nos usos doméstico, industrial e agrário (CUENCA et al, 2001).

Além do problema do desperdício de água, a contaminação desta leva a sérios prejuízos ambientais, econômicos e ao comprometimento da saúde pública. Segundo a Fundação Nacional de Saúde (FUNASA), existe uma relação direta entre saúde e os serviços de água e esgoto, no qual, para cada R\$ 1,00 investido em saneamento, economiza-se cerca de R\$ 4,00 na área da medicina curativa (www.cehcom.univali.br/educado/dossie_agua_esgoto.doc).

Segundo o amadurecimento que já vem há quase duas décadas, a escassez de água de boa qualidade, o assoreamento e o conflito pelo uso no abastecimento público, irrigação e industrial, agravado pela poluição crítica, em uma região fertilmente produtiva no Estado de São Paulo, localizada na bacia do Piracicaba, e ameaçado por uma maior reversão para o abastecimento público da Região Metropolitana da capital, mobilizou a população que a usufrui, governos municipais e liderança locais, a catalisar a instituição da lei paulista, o qual está servindo como base às demais leis estaduais e nacional (GARAGNANI, 1999). Os princípios fundamentais da gestão de recursos hídricos são:

- Acesso aos recursos hídricos, um direito de todos;
- Assegurar o uso múltiplo, estabelecidas prioridades;
- Água como um bem econômico;
- Bacia Hidrográfica como unidade de planejamento;
- Distribuição segundo critérios sociais, econômicos e ambientais;
- Gestão descentralizada;
- Órgão central normativo de um sistema de planejamento e controle;
- Participação ativa dos usuários e comunidades da sociedade civil na gestão;
- Instrumentos para outorga, cobrança, classificação, informação e planos;
- Assegurar recursos financeiros (cobrança).

Com a necessidade de uma gestão bem organizada para os recursos hídricos no Brasil, a utilização de águas residuárias, como dito anteriormente, é uma das melhores alternativas ao combate da escassez de água, aliando os aspectos ambientais com os sociais e econômicos.

Portanto, para o presente estudo, torna-se de fundamental importância a análise economicamente viável desse tipo de prática em meio a esse contexto atual do mundo.

No processo de planejamento, a otimização dos benefícios líquidos na implementação da utilização de águas residuárias é essencial. O planejamento conceitual para a utilização de águas residuárias envolve tipicamente as definições de projeto, a estimativa de custos e a identificação potencial do mercado. Logo, uma distinção entre a análise econômica e financeira tem que ser realizada. O objetivo das análises econômicas de projetos de uso de águas residuárias é quantificada com os impactos na sociedade, visto que a análise financeira é alvejada na habilidade local do investimento no projeto, das concessões governamentais e dos financiamentos para o projeto (KRETSCHMER et al, 2003).

- Análise econômica: Focaliza no valor dos recursos investidos em um projeto para construção e operação, medidos em termos monetários e computados nos termos estimados para o valor atual.
- Análise financeira: Determina se uma opção favoravelmente econômica é viavelmente financiável (PORTER, 1984 *apud* KRETSCHMER et al, 2003).

A análise financeira marginal a ser considerada consiste nos seguintes custos: custos de capital (incluindo pagamentos das ligações, serviços de departamento), custos de operação e de manutenção, custos de energia, rendimento e sincronismo com as despesas e os faturamentos (BURGESS, 1991 *apud* KRETSCHMER et al, 2003).

As análises de custo/benefícios para as operações de uso das águas residuárias é fundamental. Um projeto de utilização de água gera benefícios monetários e não monetários (KRETSCHMER et al, 2003).

Os aspectos positivos são:

- Valor da água e dos nutrientes.
- Melhoria no ambiente, por exemplo, qualidade dos corpos receptores.
- Melhoria na saúde pública.
- Benefícios para agências de águas residuárias e autoridades locais.
- Redução da descarga do efluente e preservação da capacidade de descarga.
- Eliminação de determinados processos de tratamento para concentrar certos limites.
- Venda da água reciclável.

Os possíveis aspectos negativos são:

- Riscos de poluição do aquífero, principalmente por patogênicos e por elementos de características orgânicas.
- Risco de saúde por contaminação das colheitas.
- Custos de armazenamento e de transporte.
- Custos de tratamento.

No Estado do Rio Grande do Norte, atualmente, a Companhia de Tecidos Norte de Minas (COTEMINAS) coleta sua água de consumo da Lagoa de Extremoz, por tubulação própria, apresentando um consumo de água médio mensal de 100.800,00 m³. O custo da água é apenas com o seu tratamento, que é de 0,019 R\$/m³, por ser de excelente qualidade, e o custo com o tratamento dos efluentes é de 0,47 R\$/m³. Considerando-se o mesmo volume de saída igual ao de entrada, devido as perdas mínimas, pode-se visualizar, na Tabela 23, os custos

médios mensais que a indústria possui com os tratamentos da água e do esgoto, observando-se, quanto à água, que esta indústria não possui custos significativos.

Tabela 23: Custos mensais com os tratamentos da água e do esgoto da Indústria COTEMINAS – Unidade de São Gonçalo do Amarante/RN.

	Volume (m ³ /mês)	Custo unitário (R\$/m ³)	Custo mensal (R\$/mês)
Água tratada	100.800,00	0,019	1.915,20
Esgoto tratado	100.800,00	0,47	47.376,00
Custo total	49.291,20		

Pelo fato da COTEMINAS não possuir custos com a Companhia de Águas e Esgotos do Rio Grande do Norte (CAERN), pelo consumo da água e por ainda não existir uma legislação estadual que cobre pelos lançamentos dos efluentes em corpos receptores, que somente exige o tratamento conforme a classe do rio, a utilização de águas residuárias para a presente empresa tem como importância maior a conservação do meio ambiente, assim como com relação à preocupação social e à saúde pública.

Porém, pode-se observar na Tabela 24 que se a COTEMINAS pagasse tarifa mensal à CAERN, pelo consumo de água, seu custo com a Companhia seria de R\$50,23 mais a tarifa de R\$3,69/m³ com relação ao volume excedido.

Tabela 24: Tarifas da Companhia de Águas e Esgotos do Rio Grande do Norte (CAERN) pelo consumo de água.

Classe de Consumo	Cota básica – m ³	Tarifa mínima	Consumos excedentes					
			11 - 15m ³	16 - 20m ³	21 - 30m ³	31 - 50m ³	51 - 100 m ³	> 100m ³
Residencial Social	10	3,02	1,60	1,76	1,98	2,29	2,94	3,35
Res 101 Temporária	10	9,52	1,60	1,76	1,98	2,29	2,94	3,35
Residencial Normal	10	14,97	1,60	1,76	1,98	2,29	2,94	3,35
Rural	10	14,97	2,77	3,33	4,16	5,71	6,51	7,42
Comercial	10	23,03	2,78	2,78	3,35	3,35	3,35	3,35
Industrial	20	50,23	-	-	3,69	3,69	3,69	3,69
Público	20	48,15	-	-	3,69	3,69	3,69	3,69

Fonte: Companhia de Águas e Esgotos do Rio Grande do Norte (2004).

A Tabela 25 apresenta a simulação dos gastos médios que a COTEMINAS possuiria com o consumo e tratamento da água e para o tratamento dos esgotos gerados.

Tabela 25: Previsão de custos mensais com o consumo e tratamentos da água e do esgoto da Indústria COTEMINAS.

	Volume (m ³ /mês)	Custo unitário (R\$/m ³)	Custo mensal (R\$/mês)
Custo com a CAERN	100.800	50,23 (para 20m ³) + 3,69 (por m ³ de excesso)	371.928,43
Água tratada	100.800,00	0,019	1.915,20
Esgoto tratado	100.800,00	0,47	47.376,00
Custo total mensal	421.219,63		

CAPÍTULO 4

MATERIAIS E MÉTODOS

4 MATERIAIS E MÉTODOS

4.1 DESCRIÇÃO DA INDÚSTRIA TÊXTIL

A Companhia de Tecidos Norte de Minas - COTEMINAS é uma indústria que atua no mercado desde 1967 e, atualmente, possui 11 unidades distribuídas em alguns Estados do Brasil. Suas fábricas estão localizadas em Montes Claros (MG), com quatro unidades, em São Gonçalo do Amarante e Macaíba (RN), com 3 unidades, em João Pessoa (PB), com 3 unidades e 1 unidade em Blumenau (SC), ocupando, no geral, uma área coberta e climatizada de 940.254 m². A COTEMINAS consome anualmente uma média de 100 mil toneladas de fibras, correspondendo a 12,5% de todo o consumo nacional de algodão. Hoje, a empresa produz fios, tecidos, malhas, camisetas, meias, toalhas de banho e de rosto, roupões e lençóis, tanto para o mercado interno como para o externo, como Estados Unidos, Europa, Mercosul, entre outros. A presente pesquisa foi realizada na unidade localizada em São Gonçalo do Amarante/RN, que é a única indústria têxtil do Estado que possui uma estação de tratamento de efluentes.

4.1.1 DESCRIÇÃO DO SISTEMA DE TRATAMENTO DE ESGOTOS

O efluente industrial gerado nas diversas etapas de produção da COTEMINAS é coletado em conjunto e encaminhado para o tratamento. No anexo 23 (página 189), verificam-se algumas das características do esgoto bruto. O sistema de tratamento de esgotos da referida empresa é por lodos ativados. A ETE da COTEMINAS é composta, de forma seqüencial, por: gradeamento e medidor de vazão, tanque de equalização, correção de pH, aeração prolongada, decantador secundário e tratamento do lodo (Figura 4).

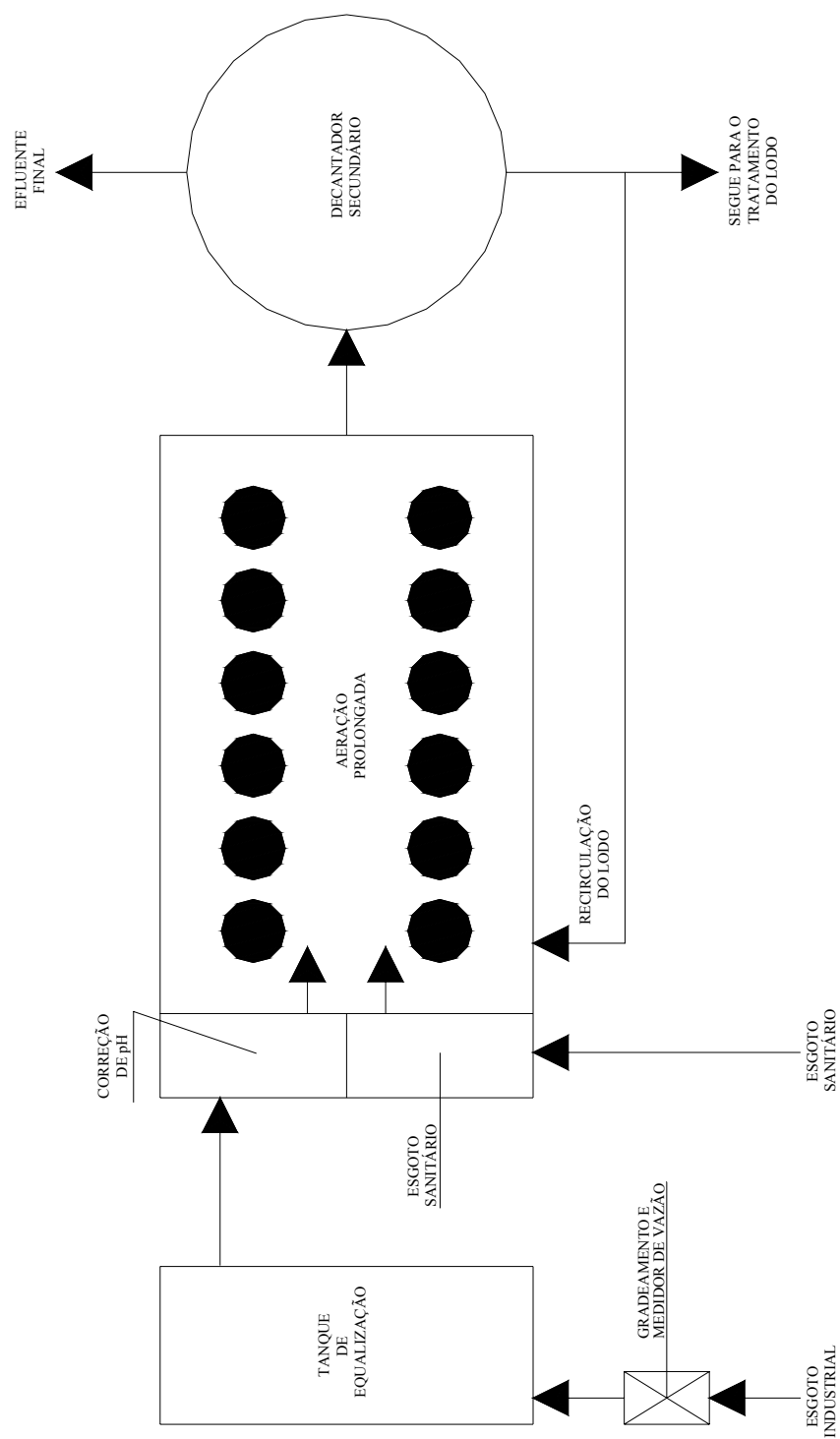


Figura 4: Fluxograma do sistema de tratamento de esgotos da Indústria COTEMINAS

A variação das vazões de produção é controlada no tanque de equalização. Por ser um esgoto bastante alcalino, geralmente pH acima de 10, a correção deste é realizada à base de ácido sulfúrico concentrado. A correção do pH é de fundamental importância para o tratamento biológico, para que não se coloque em risco as atividades de degradação realizadas pelas bactérias, sendo liberado para aeração próximo de 7. Na fase de aeração, o esgoto industrial é misturado com o esgoto sanitário proveniente da própria indústria, com o objetivo de facilitar a degradação da matéria orgânica. Após o período de tempo necessário para aeração, o efluente segue para o decantador secundário, onde as concentrações de sólidos são reduzidas por sedimentação. Atualmente, a água residuária, depois de ser tratada no decantador, é lançada no rio Potengi e, após as recirculações necessárias do lodo, este é tratado em separado.

4.2 COLETA DAS AMOSTRAS

Para atender aos objetivos da pesquisa, a coleta das amostras do efluente tratado, seguida pela realização das análises em laboratório, compreendeu um período de cinco meses de coletas semanais, do dia 30 de julho a 31 de dezembro de 2003, observando o horário de coleta entre 8:00 e 9:00 horas. Pretendeu-se caracterizar o efluente tratado da indústria têxtil, verificando as possíveis variações do esgoto conforme os parâmetros, e de acordo com as variações da produção industrial. De acordo com a quantidade de análises a serem feitas e conforme os métodos de análise, fazia-se necessário coletar aproximadamente 15 litros do esgoto tratado por semana.

Durante esse período, observou-se a necessidade de serem realizadas algumas coletas do esgoto industrial de entrada com o objetivo de se compreender um pouco melhor o perfil do efluente tratado, devido a concentrações relativamente altas de alguns parâmetros, como os nitratos. O período de coleta das amostras do esgoto bruto industrial correspondeu a sete semanas

consecutivas, do dia 19 de novembro a 31 de dezembro de 2003, no mesmo horário de coleta do efluente tratado. A quantidade dos parâmetros analisados para as amostras do esgoto bruto foi menor, logo, o volume semanal de coleta era em torno de 2 litros, suficiente para as análises de laboratório.

4.3 MÉTODOS ANALÍTICOS

A importância dos parâmetros físico-químicos e biológicos selecionados se deve às características da carga contaminadora e complexa dos efluentes gerados pela indústria têxtil, assim como das possibilidades de reuso avaliadas segundo as análises do efluente tratado. Os parâmetros selecionados, assim como os métodos de análise, estão apresentados na Tabela 26.

Tabela 26: Parâmetros físico-químicos e biológicos selecionados para a caracterização do efluente da ETE de uma indústria têxtil, visando possíveis usos

PARÂMETROS	MÉTODOS UTILIZADOS	REFERÊNCIAS
Temperatura	Método do Termômetro com filamento de mercúrio	APHA/AWWA/ WPCF, 1992
Potencial Hidrogeniônico - pH	Método Potenciométrico	APHA/AWWA/ WPCF, 1992
Condutividade Elétrica	Método da Resistência Elétrica	APHA/AWWA/ WPCF, 1992
Turbidez	Método de Turbidímetro	APHA/AWWA/ WPCF, 1992
Oxigênio Dissolvido	Método do Eletrodo	APHA/AWWA/ WPCF, 1992
Cor	Método Colorimétrico	APHA/AWWA/ WPCF, 1992
Sólidos Totais (Fixos e Voláteis)	Método Gravimétrico	APHA/AWWA/ WPCF, 1992
Sólidos Suspensos Totais	Método Gravimétrico	APHA/AWWA/ WPCF, 1992

Sólidos Dissolvidos Totais	Método Gravimétrico	APHA/AWWA/ WPCF, 1992
Sólidos Decantáveis	Método da Decantação (Cone Imhoff)	APHA/AWWA/ WPCF, 1992
Cloretos	Método Titulométrico	APHA/AWWA/ WPCF, 1992
Dureza Total	Método Titulométrico de EDTA	APHA/AWWA/ WPCF, 1992
Alcalinidade Total	Método Titulométrico	APHA/AWWA/ WPCF, 1992
Fósforo Total	Método do Cloreto Estanhoso precedido por digestão em meio ácido	APHA/AWWA/ WPCF, 1992
Nitrogênio Orgânico e Amoniacal	Método Semi-micro Kjeldahl	APHA/AWWA/ WPCF, 1992
Nitrito	Método Colorimétrico	APHA/AWWA/ WPCF, 1992
Nitrato	Método do Salicilato de Sódio	Rodier, 1981
Sulfetos	Método Titulométrico com Iodo	APHA/AWWA/ WPCF, 1992
Sulfatos	Método Colorimétrico	APHA/AWWA/ WPCF, 1992
Demanda Bioquímica de Oxigênio – DBO	Método do Frasco de Winkler – DBO ₅	APHA/AWWA/ WPCF, 1992
Demanda Química de Oxigênio – DQO	Método da Refluxação Fechada com Dicromato de Potássio	APHA/AWWA/ WPCF, 1992
Metais Pesados (Cromo Total, Cádmio, Cobre, Chumbo, Zinco Níquel,)	Método da Absorção Atômica	APHA/AWWA/ WPCF, 1992
Ferro e Manganês	Método da Absorção Atômica	APHA/AWWA/ WPCF, 1992
Coliformes Fecais e Totais	Técnica do Filtro de Membrana para membros do grupo dos	APHA/AWWA/ WPCF, 1992

	coliformes	
Ovos de Helminthos	Método de Bailenger Modificado	Ayres & Mara, 1996

4.4 MATERIAL UTILIZADO

Para a realização das análises de campo e laboratoriais foram utilizados os seguintes materiais:

- Medidor de pH - GENCO, com eletrodo de vidro;
- Oxímetro de campo modelo Handylab OX 1/SET – SHOTT-GERATE;
- Turbidímetro - DIGIMED;
- Forno Mufla;
- Estufa Bacteriológica;
- Microscópico;
- Incubadora de DBO;
- Digestor de DQO;
- Centrífuga Bacteriológica;
- Geladeira para conservação de amostras;
- Destilador de águas;
- Digestor e destilador de nitrogênio;
- Chapa aquecedora;
- Capela com exaustor;
- Banho-Maria;

- Bomba de pressão e a vácuo com filtro;
- Balança digital com quatro casas decimais;
- Dessecador de vidro;
- Cone Imhoff;
- Autoclave;
- Espectrofotômetro;
- Vidraria;
- Reagentes;
- Microcomputador.

4.5 TRATAMENTO ESTATÍSTICO

Os resultados são apresentados por meio de análises estatísticas realizadas pelo software Estatística para windows 6.0 (*Statistica for Windows 6.0*). A análise estatística foi aplicada a todos os parâmetros estudados na pesquisa, tanto para o esgoto bruto como para o efluente tratado, sendo apresentada sob as formas de gráficos de variação temporal e de distribuição dos valores em pontos de mínimo, máximo, primeiro e terceiro quartis e mediana (gráfico Box & Whisker).

Para a expressão dos resultados por meio dos gráficos de variação temporal e de distribuição de frequências, é dada importância aos valores que correspondem à mediana em vez da média aritmética, por se entender que esta representa melhor o perfil real de cada parâmetro, uma vez que a mediana representa o valor central dos dados amostrais e já a média aritmética pode acarretar erros de análises caso se tenha grandes variações nos valores obtidos.

Caracterização do efluente da ETE de uma indústria têxtil, visando possíveis usos
Mestrando Engº Alexandre Marcos F. da C. e Silva

A caracterização do efluente da ETE de uma indústria têxtil, visando possíveis usos foi realizada segundo comparações entre a mediana e o valor máximo de cada parâmetro estudado do efluente tratado com os limites recomendados pelas legislações de acordo com o tipo de uso.

CAPÍTULO 5

APRESENTAÇÃO E ANÁLISE DOS RESULTADOS

5 APRESENTAÇÃO E ANÁLISE DOS RESULTADOS

Devido a grande variabilidade de parâmetros analisados e conforme as oscilações dos resultados obtidos (ANEXO 23 e 24, páginas 189 e 190) tornou-se necessário a aplicação de um tratamento estatístico baseado em gráficos de variação temporal das amostras e da distribuição de valores em pontos de mínimo, máximo, primeiro e terceiro quartis e mediana (gráfico Box & Whisker), para uma melhor compreensão destes.

5.1 RESULTADOS DO ESGOTO BRUTO

De acordo com alguns resultados obtidos nas análises do efluente tratado, tornou-se importante a análise de alguns parâmetros de amostras do esgoto afluente à estação de tratamento. Para se compreender melhor o comportamento do sistema de tratamento de esgotos da indústria tornaram-se necessárias análises do esgoto industrial de entrada na ETE. As coletas do esgoto bruto foram realizadas paralelamente às coletas do efluente de saída, perfazendo um período de setes semanas. Os resultados do esgoto bruto são apresentados a seguir.

5.1.1 Vazão

As distribuições das vazões de entrada e saída são apresentadas na Figura 5, obtidas nas sete semanas de coletas consecutivas. A vazão de entrada variou entre 65,76 e 105,70 m³/h e a vazão de saída variou entre 75,81 e 206,65 m³/h, no período mútuo de análises dos esgotos brutos e tratados. A explicação da vazão de saída ter se apresentado maior do que a vazão de entrada é devido ao fato de no horário da coleta a produção têxtil não era tão alta, como também por existir um tanque de equalização, que tem como função principal uniformizar o máximo a vazão no sistema de tratamento de efluentes.

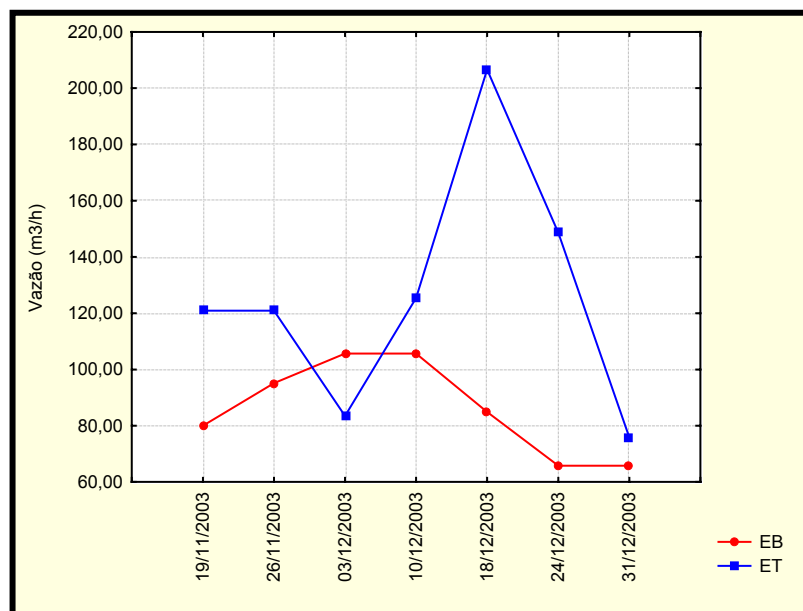


Figura 5: Apresentação da variação temporal da vazão.

ETE da indústria têxtil COTEMINAS – São Gonçalo do Amarante/RN, 2003.

Legenda:

EB – Esgoto Bruto

ET – Esgoto Tratado

5.1.2 pH

A Figura 6 apresenta o comportamento do pH do esgoto de entrada e saída. O esgoto de entrada possui uma faixa de pH acima de 10; já para o pH de saída, observa-se uma diminuição compreendida numa faixa de 8 a 9, devido a correção do pH feito com ácido sulfúrico.

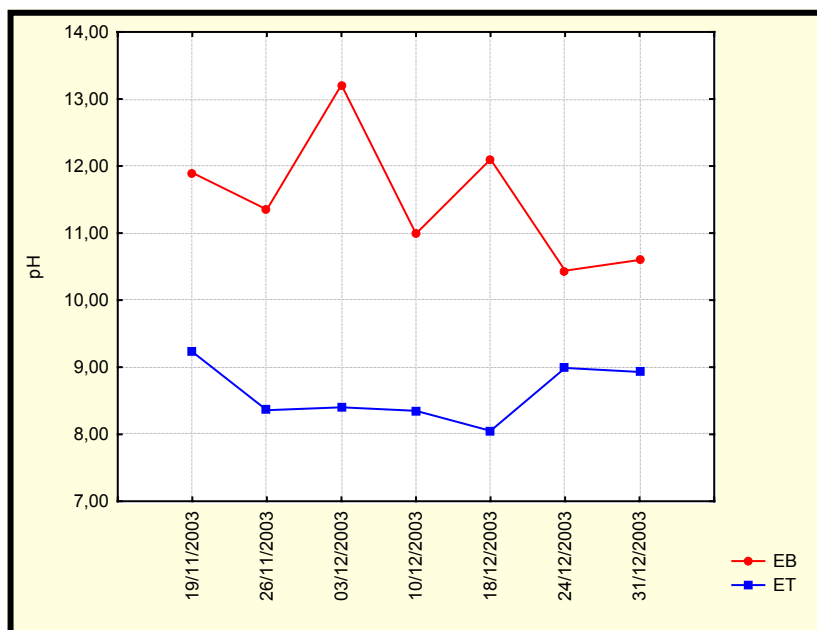


Figura 6: Apresentação da variação de pH

ETE da indústria têxtil COTEMINAS – São Gonçalo do Amarante/RN, 2003.

Legenda:

EB – Esgoto Bruto

ET – Esgoto Tratado

5.1.3 Temperatura

Na Figura 7 apresenta-se o comportamento da temperatura do efluente tanto de entrada como o de saída, e pode-se observar que, de maneira geral, há uma diminuição dos valores da temperatura do esgoto tratado, podendo ser explicado pelo fato do tanque de equalização funcionar de maneira a homogeneizar ao máximo a massa líquida.

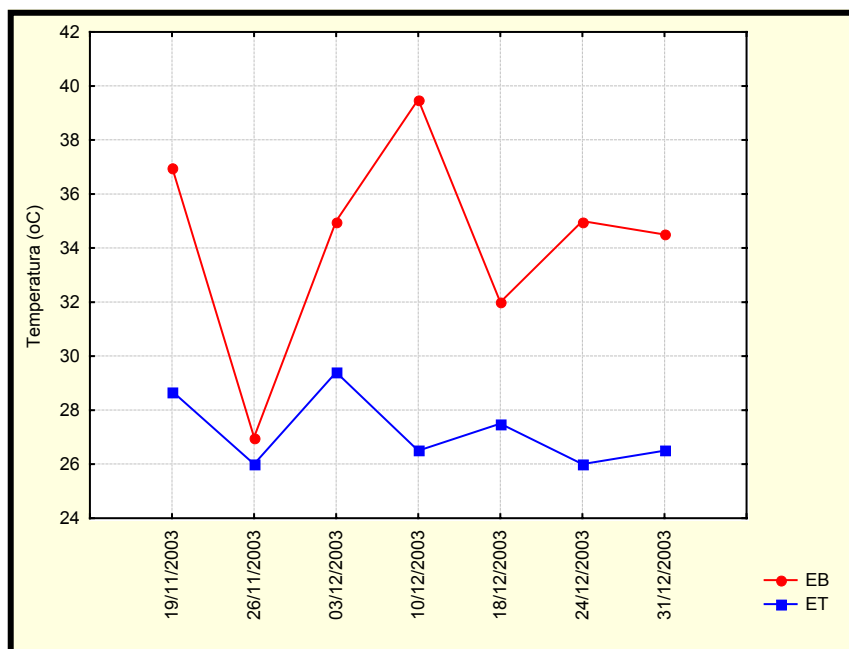


Figura 7: Apresentação da variação de temperatura

ETE da indústria têxtil COTEMINAS – São Gonçalo do Amarante/RN, 2003.

Legenda:

EB – Esgoto Bruto

ET – Esgoto Tratado

5.1.4 Condutividade

A Figura 8 apresenta a variação temporal de condutividade do esgoto de entrada e de saída. Nesta figura observa-se que as concentrações do efluente tratado são, na sua maioria, mais altas que as do esgoto bruto, o qual apresentou um pico, no gráfico, próximo aos 20000 $\mu\text{S}/\text{cm}$, o que pode ser explicado pelo fato de todo esgoto gerado na indústria ser coletado e tratado junto e que as características do esgoto bruto estão relacionadas com o ritmo de produção da fábrica. Já para o efluente de saída, observa-se uma certa homogeneização neste período por causa do tanque de equalização existente no processo de tratamento dos efluentes.

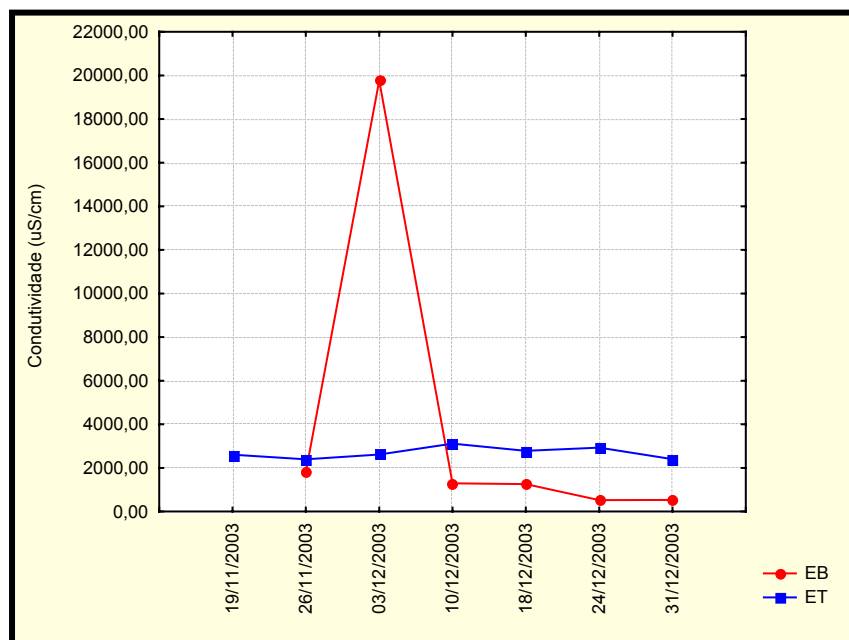


Figura 8: Apresentação da variação de condutividade

ETE da indústria têxtil COTEMINAS – São Gonçalo do Amarante/RN, 2003.

Legenda:

EB – Esgoto Bruto

ET – Esgoto Tratado

5.1.5 Oxigênio Dissolvido

Na Figura 9 é apresentado a variação temporal do oxigênio dissolvido do esgoto do processamento industrial e do efluente final tratado. Neste gráfico pode-se observar que não houve variações significativas em relação ao esgoto de entrada e de saída; o OD do esgoto bruto variou de 2,95 a 4,70 mg/L e o efluente de saída de 3,10 a 6,10 mg/L para o período de análise mútua. Este fato pode ser explicado, pelo fato do esgoto bruto analisado ser apenas o gerado no processo industrial, já que o efluente doméstico da indústria entra no meio do processo de tratamento.

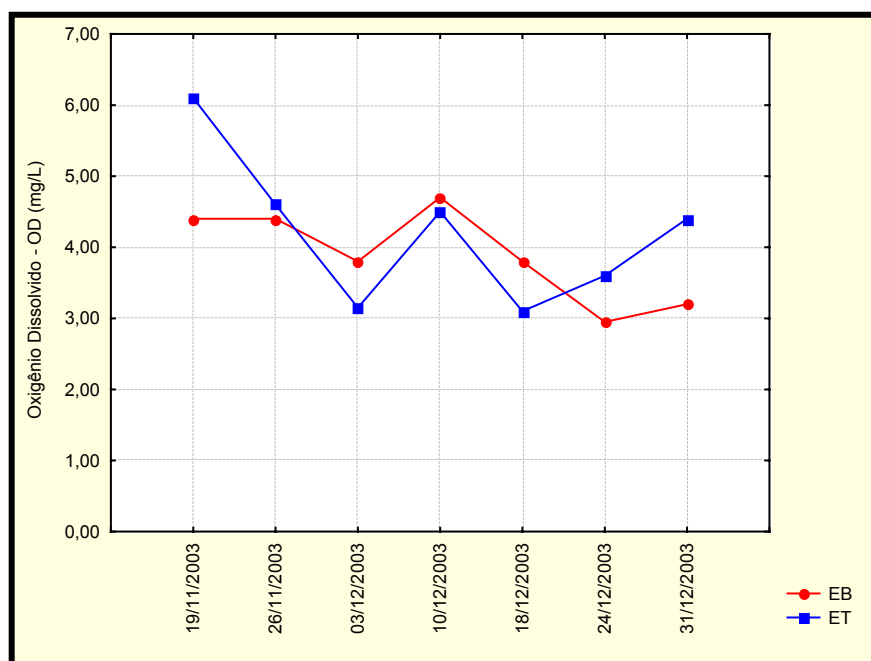


Figura 9: Apresentação da variação de oxigênio dissolvido

ETE da indústria têxtil COTEMINAS – São Gonçalo do Amarante/RN, 2003.

Legenda:

EB – Esgoto Bruto

ET – Esgoto Tratado

5.1.6 Sólidos Totais

A variação temporal das concentrações de sólidos totais para o esgoto bruto e o efluente de saída é apresentada na Figura 10, para o período de sete coletas semanais. Os sólidos totais de entrada variam bem mais do que os sólidos de saída, o qual ora possui valores bem altos ora valores abaixo do efluente tratado. Os sólidos de entrada variam de acordo com o processamento industrial e o porque dos sólidos de saída serem maiores que os de entrada é devido ao fato que o esgoto doméstico da indústria entra na etapa de aeração do processo de tratamento dos efluentes, o que tende a aumentar as concentrações de sólidos nesta fase.

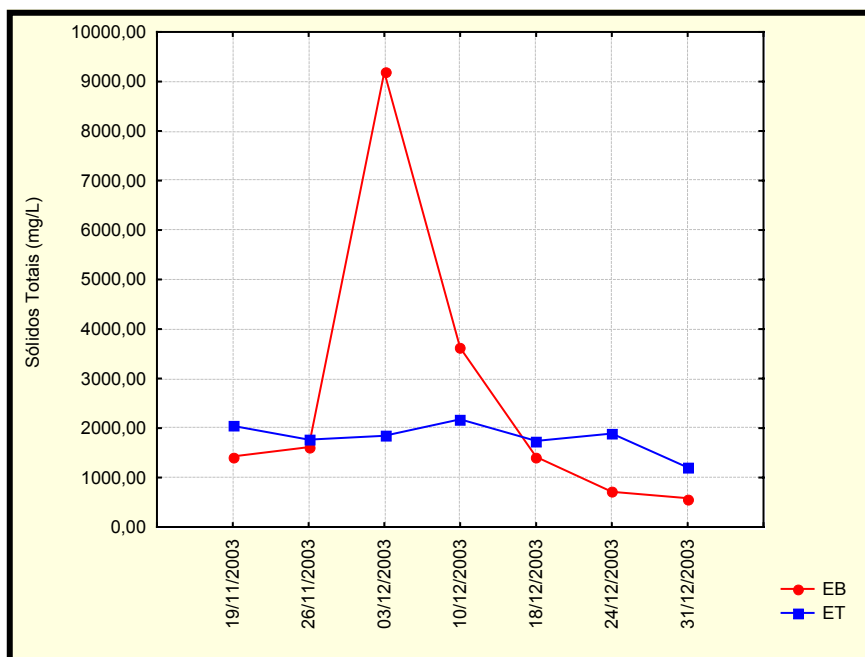


Figura 10: Apresentação da variação de sólidos totais

ETE da indústria têxtil COTEMINAS – São Gonçalo do Amarante/RN, 2003.

Legenda:

EB – Esgoto Bruto

ET – Esgoto Tratado

5.1.7 Cloretos

Como o esgoto industrial é submetido, primeiramente, ao tanque de equalização, as concentrações de cloretos do efluente final possuem oscilações bem menores do que as do esgoto bruto, o qual, por sua vez, apresenta grandes variações, ora com picos muito altos (1256,96 mg/L) ora com picos muito baixos (34,30 mg/L), podendo ser observado na Figura 11.

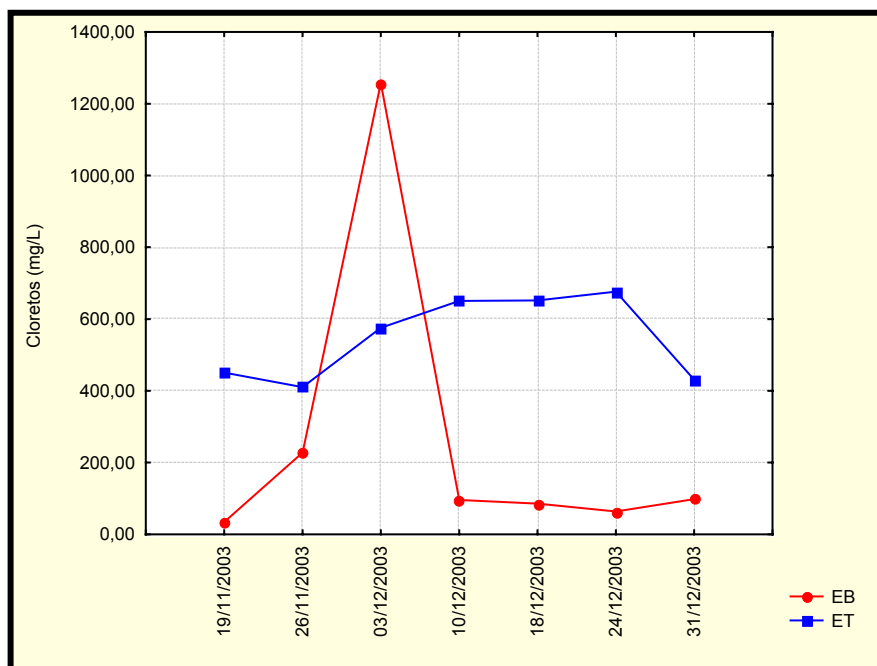


Figura 11: Apresentação da variação temporal de cloretos

ETE da indústria têxtil COTEMINAS – São Gonçalo do Amarante/RN, 2003.

Legenda:

EB – Esgoto Bruto

ET – Esgoto Tratado

5.1.8 Nitrogênio

As Figuras 12 a 15 apresentam as variações temporais das concentrações de nitrogênio orgânico, amoniacal, nitrito e nitrato, tanto do efluente tratado como do esgoto industrial de entrada. Observa-se que, apesar da grande variação do esgoto bruto, este apresenta um perfil de concentrações superiores em todos os seus parâmetros, com exceção dos nitratos, para o qual se observa um perfil de maiores concentrações para o efluente de saída. De acordo com as análises, observa-se que está havendo nitrificação no sistema de tratamento dos efluentes, o que é de se esperar num sistema que trabalha com aeração prolongada, porém a faixa de altas concentrações dos nitratos se deve à utilização de produtos à base de nitratos.

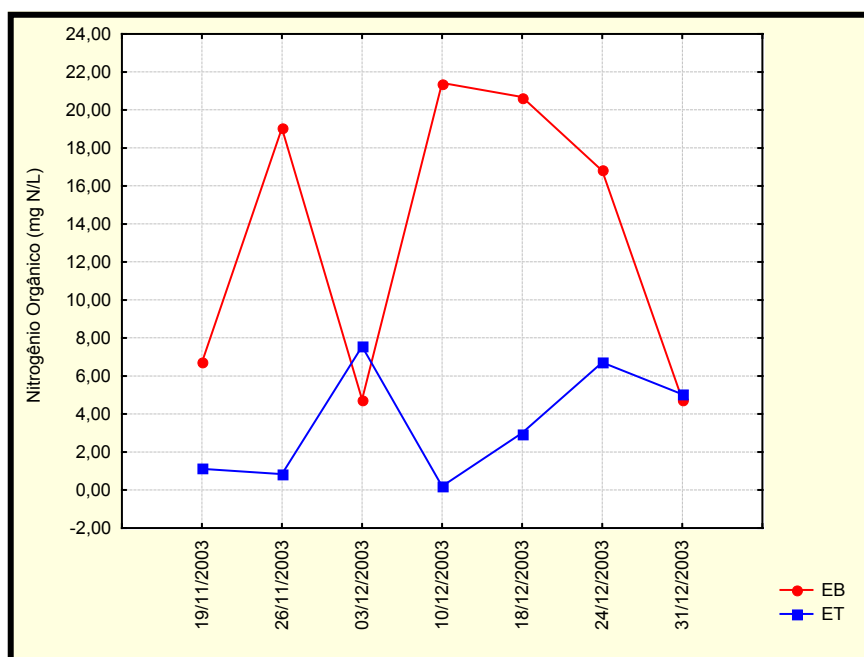


Figura 12: Apresentação da variação temporal de nitrogênio orgânico
ETE da indústria têxtil COTEMINAS – São Gonçalo do Amarante/RN, 2003.

Legenda:

EB – Esgoto Bruto; ET – Esgoto Tratado

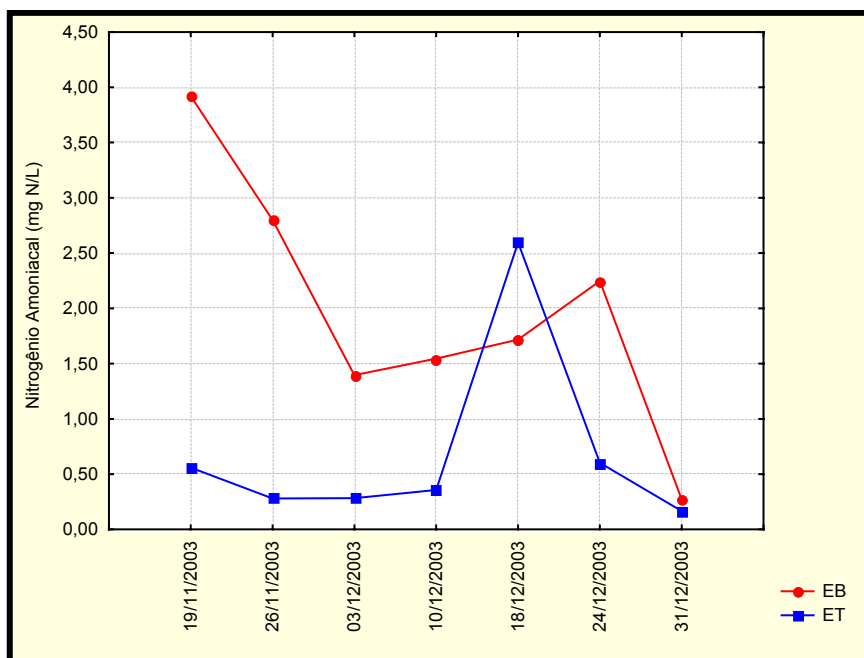


Figura 13: Apresentação da variação temporal de nitrogênio amoniacal
ETE da indústria têxtil COTEMINAS – São Gonçalo do Amarante/RN, 2003.

Legenda:

EB – Esgoto Bruto

ET – Esgoto Tratado

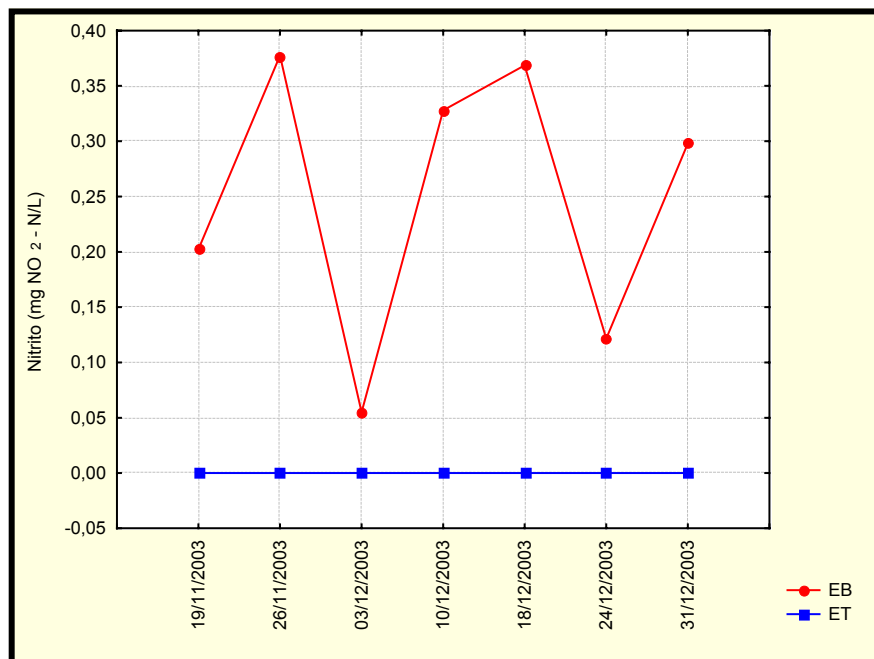


Figura 14: Apresentação da variação temporal de nitratos

ETE da indústria têxtil COTEMINAS – São Gonçalo do Amarante/RN, 2003.

Legenda:

EB – Esgoto Bruto

ET – Esgoto Tratado

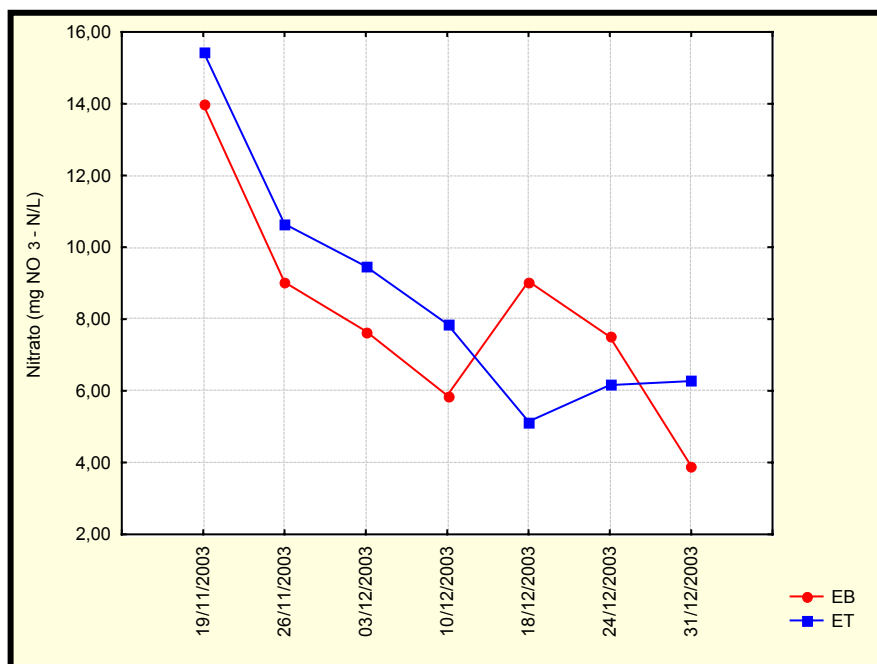


Figura 15: Apresentação da variação temporal de nitratos

ETE da indústria têxtil COTEMINAS – São Gonçalo do Amarante/RN, 2003.

Legenda:

EB – Esgoto Bruto; ET – Esgoto Tratado

5.1.9 Matéria Orgânica

Nos gráficos das Figuras 16 e 17 são apresentada as variações temporais para DBO e DQO, tanto do efluente tratado como do esgoto bruto industrial, durante o período de sete semanas seguidas. Observa-se que a DBO como a DQO do efluente de saída apresentam um perfil constante nos seus resultados; já para os mesmos parâmetros no esgoto bruto, visualiza-se uma oscilação muito alta, o que pode ser compreendido pelo fato do esgoto de entrada variar conforme a produção industrial têxtil. O resultado máximo da DBO do esgoto de entrada foi próximo dos 400 mg/L, o que não é muito alto em se tratado de esgoto bruto, pois o esgoto doméstico gerado na indústria têxtil entra na etapa de aeração do processo de tratamento. Já para a DQO do esgoto de entrada, o seu valor máximo foi de aproximadamente 3500 mg/L.

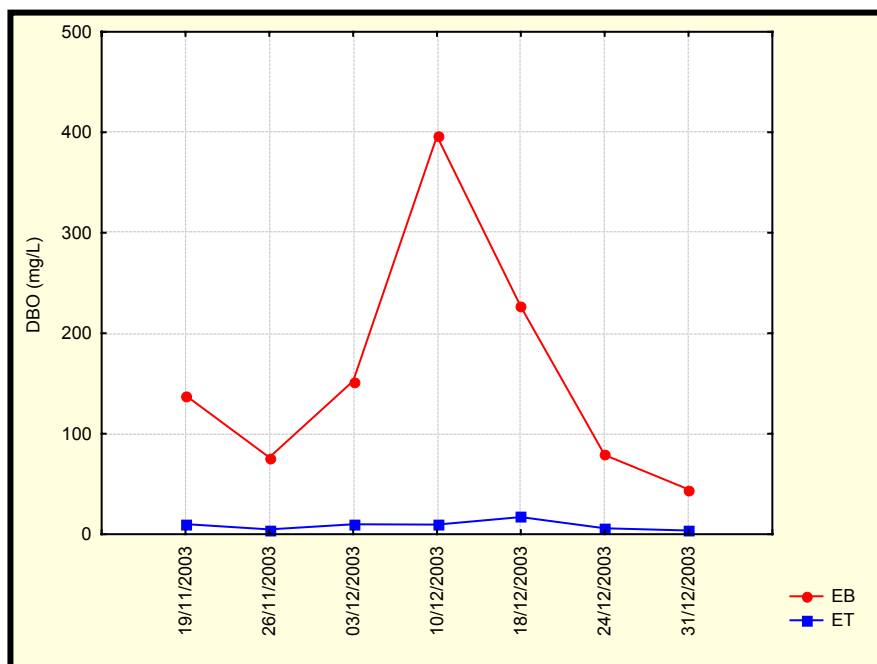


Figura 16: Apresentação da variação temporal da DBO

ETE da indústria têxtil COTEMINAS – São Gonçalo do Amarante/RN, 2003.

Legenda:

EB – Esgoto Bruto; ET – Esgoto Tratado

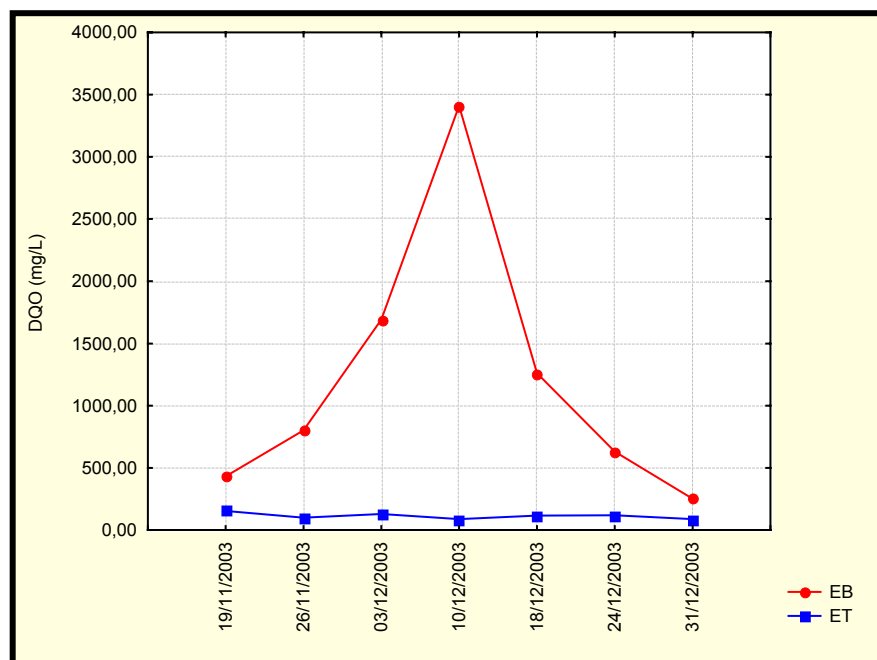


Figura 17: Apresentação da variação temporal da DQO

ETE da indústria têxtil COTEMINAS – São Gonçalo do Amarante/RN, 2003.

Legenda:

EB – Esgoto Bruto

ET – Esgoto Tratado

5.2 RESULTADOS DO EFLUENTE TRATADO

A Tabela 27 apresenta os dados estatísticos de cada parâmetro obtido dos resultados das amostras analisadas do esgoto tratado, durante a pesquisa. Nesta, estão relacionados o número de dados amostrais, a média aritmética, a mediana, os valores de mínimo e máximo, a faixa de maiores concentrações amostrais (primeiro e terceiro quartis) e o desvio padrão. Logo após, são apresentados os resultados obtidos do efluente tratado, explicados sequencialmente pelos parâmetros estudados.

Tabela 27: Estatística básica do efluente tratado. ETE da indústria têxtil COTEMINAS – São Gonçalo do Amarante/RN, 2003.

PARÂMETRO	N	Média	Mediana	Mínimo	Máximo	Primeiro Quartil	Terceiro Quartil	Desv. Padrão
Vazão (m³/h)	23	116,90	120,91	68,46	206,70	83,43	134,50	36,50
pH	23	8,40	8,33	8,05	9,20	8,15	8,40	0,30
Temperatura (°C)	23	26,70	26,50	24,80	29,40	26,00	27,40	1,10
Condutividade (µS/cm)	22	2007,60	1787,60	1270,00	3117,00	1614,50	2405,00	521,80
Turbidez (NTU)	23	13,00	12,97	6,00	28,10	8,79	14,10	5,30
OD (mg/L)	23	4,30	4,39	3,10	6,10	4,00	4,70	0,60
Sól. Totais (mg/L)	22	1452,40	1332,50	1098,00	2177,00	1205,00	1742,00	317,80
Sól. Totais Fixos (mg/L)	22	1156,60	1073,00	838,00	1793,00	988,00	1273,00	260,70

Caracterização do efluente da ETE de uma indústria têxtil, visando possíveis usos
Mestrando Engº Alexandre Marcos F. da C. e Silva

Sól. Totais Voláteis (mg/L)	22	295,80	275,00	113,00	495,00	230,00	350,00	92,40
Sól. Suspensos Totais (mg/L)	18	21,00	19,00	6,00	44,00	12,00	30,00	11,10
Sól. Dissolvidos Totais (mg/L)	18	1487,60	1382,00	1083,00	2163,00	1263,00	1738,00	322,10
Sól. Decantáveis (ml/L)	22	0,00	0,00	0,00	1,00	0,00	0,00	0,20
Cor (PtCo)	23	393,80	380,00	158,00	888,00	261,00	488,00	162,10
Cloretos (mg/L)	23	413,00	386,62	229,850	676,30	337,70	450,80	120,10
Nit. Kjeldahl (mg/L)	18	5,00	4,84	0,56	15,70	2,24	7,30	3,60
Nit. Org. (mg/L)	18	3,10	3,18	0,196	7,60	0,84	4,80	2,30
Nit. Amoniacal (mg/L)	18	1,90	0,72	0,166	12,90	0,36	2,60	2,90
NO₂ - N (mg/L)	22	0,00	0,00	0,000	0,00	0,00	0,00	0,00
NO₃ - N (mg/L)	12	9,80	10,12	5,140	15,50	7,07	11,40	3,10
Fósforo Total (mg/L)	22	1,20	1,34	0,33	2,20	0,48	1,60	0,60
Sulfetos (mg/L)	13	0,70	0,60	0,00	1,60	0,40	0,80	0,40
Sulfatos (mg/L)	13	62,40	61,56	25,00	104,50	53,67	72,70	21,80
Níquel (mg Ni/L)	9	0,00	0,03	0,010	0,035	0,02	0,00	0,00
Cromo (mg Cr/L)	9	0,00	0,00	0,000	0,00	0,00	0,00	0,00
Cádmio (mg Cd/L)	9	0,00	0,04	0,000	0,04	0,00	0,04	0,00
Cobre (mg Cu/L)	9	0,20	0,30	0,048	0,40	0,07	0,30	0,10

Chumbo (mg Pb/L)	9	0,00	0,02	0,008	0,10	0,02	0,00	0,00
Zinco (mg Zn/L)	9	0,10	0,04	0,034	0,10	0,04	0,10	0,00
Ferro (mg Fe/L)	9	0,70	0,75	0,290	1,40	0,42	0,80	0,40
Manganês (mg Mn/L)	9	0,10	0,10	0,004	0,10	0,01	0,10	0,10
Dureza Total (mg/L)	11	43,10	34,72	23,81	85,30	30,75	63,50	19,90
Alcalinidade Total (mg CaCO ₃ /L)	13	442,50	373,59	271,61	805,00	331,86	536,40	155,70
DBO (mg/L)	23	14,10	14,53	3,65	29,10	9,44	18,20	6,40
DQO (mg/L)	23	96,50	89,60	64,00	161,50	76,80	108,80	25,80
Coliformes Fecais (CF/100mL)	21	6,5x10 ⁴	3,6x10 ⁴	1,0x10 ³	2,6x10 ⁵	9,0x10 ³	8,4x10 ⁴	7,7x10 ⁴
Coliformes Totais (CT/100mL)	20	1,1x10 ⁵	8,2x10 ⁴	3,7x10 ³	3,5x10 ⁵	2,8x10 ⁴	1,5x10 ⁵	1,0x10 ⁵
Helmintos (ovos/Litro)	20	0,60	0,00	0,000	4,00	0,00	1,00	1,10

5.2.1 Vazão

A variação temporal da vazão medida no período de coleta é apresentada na Figura 18, com valor mínimo de 68,46 m³/h e valor máximo de 206,65 m³/h. Esta variação está relacionada com a quantidade de tecido processado, assim como nas etapas do processo industrial que utilizam água.

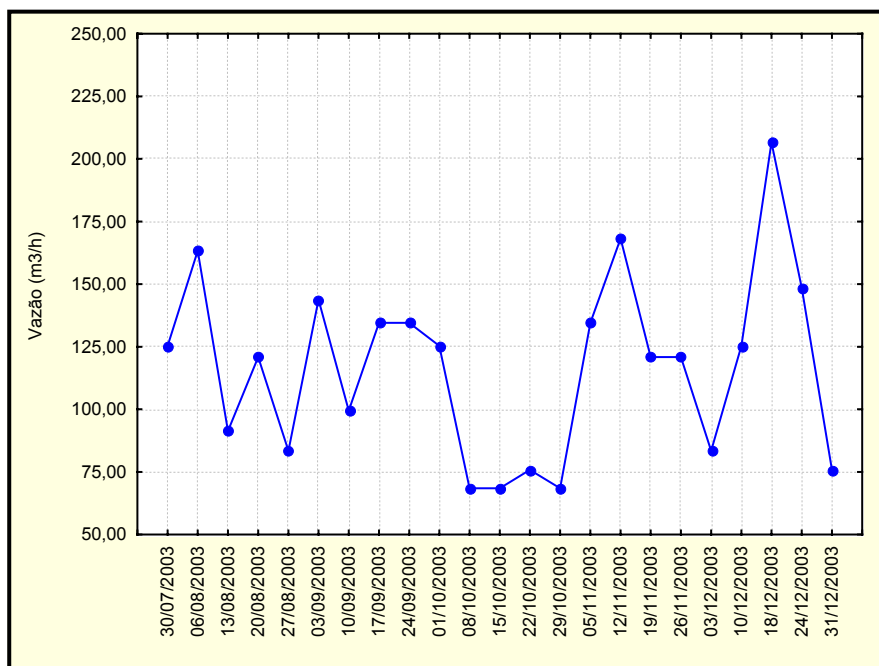


Figura 18: Variação temporal da vazão – Efluente Tratado.

ETE da indústria têxtil COTEMINAS – São Gonçalo do Amarante/RN, 2003.

A Figura 19 apresenta a maior distribuição de freqüência ocorrida no período de coleta, na faixa de valores entre 83,43 e 134,51 m³/h, e sua mediana igual a 120,91 m³/h. A assimetria existente no gráfico é explicada devido à mediana se aproximar mais do terceiro quartil, como pelo fato de o ponto máximo e ponto mínimo não estarem equidistantes dos quartis.

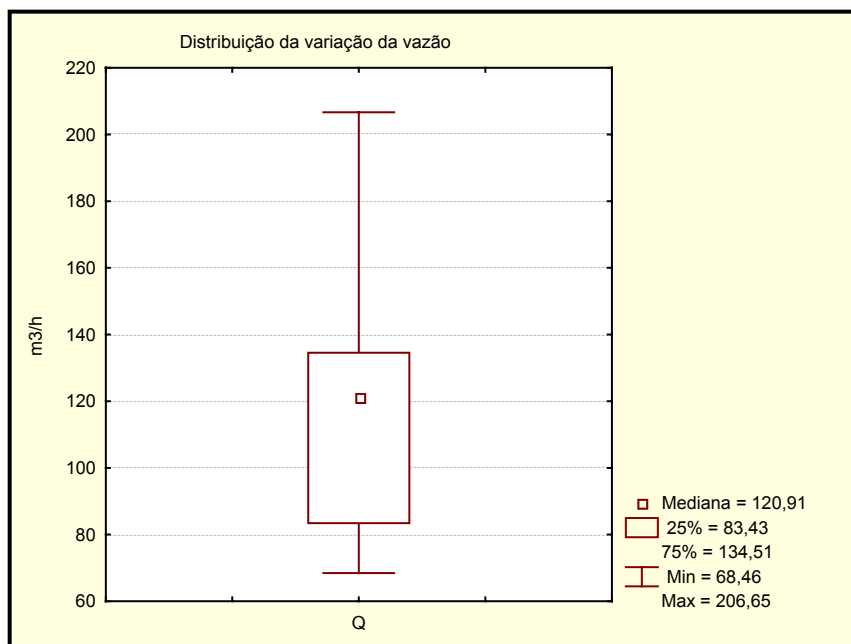


Figura 19: Gráfico “Box & Whisker” da distribuição da vazão – Efluente Tratado.
ETE da indústria têxtil COTEMINAS – São Gonçalo do Amarante/RN, 2003.

5.2.2 pH

O pH do efluente tratado apresentou uma faixa alcalina, com variação entre 8,05 a 9,23 e valor mediano igual a 8,33, podendo ser observado na Figura 20.

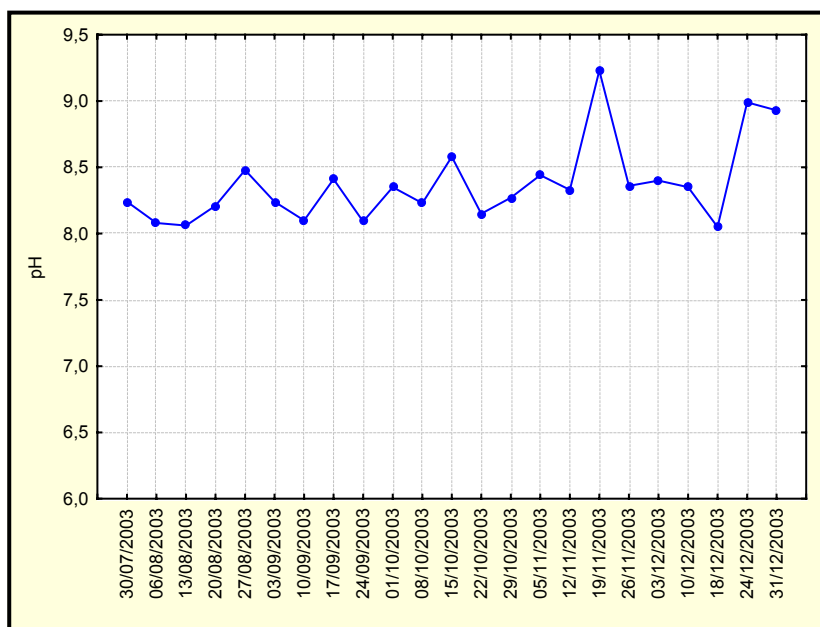


Figura 20: Variação temporal do pH – Efluente Tratado.
ETE da indústria têxtil COTEMINAS – São Gonçalo do Amarante/RN, 2003.

O gráfico do tipo “Box & Whisker” apresentado na Figura 21 mostra a distribuição de pH, que é assimétrica, com a mediana com valor de 8,33 e faixa de maior concentração entre 8,15 e 8,44, que representam os primeiro e terceiro quartis, respectivamente. Contudo, os valores de mínimo e máximo (8,05 e 9,23, respectivamente) apresentam-se de maneira diferente em relação a faixa de maior concentração, no qual o valor mínimo aproxima-se bem mais dessa faixa do que o valor máximo, o que explica a assimetria nesta distribuição e o que prova que valores acima de pH 9,0 foram poucos em relação a amostragem geral.

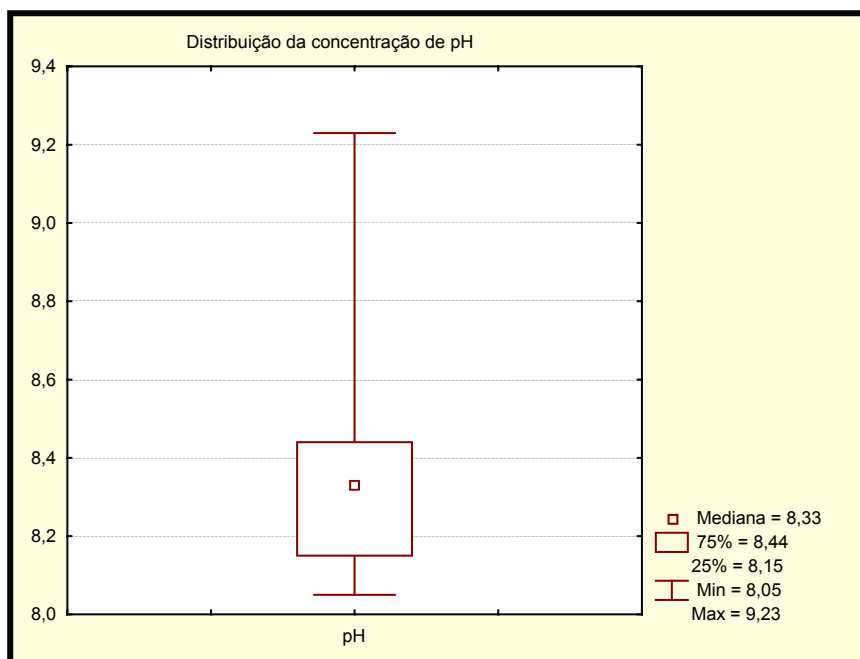


Figura 21: Gráfico “Box & Whisker” de distribuição do pH – Efluente Tratado.

ETE da indústria têxtil COTEMINAS – São Gonçalo do Amarante/RN, 2003.

5.2.3 Temperatura

Na Figura 22 pode-se observar o comportamento da temperatura, que variou entre 24,8°C e 29,4°C, com valor mediano de 26,5°C, permanecendo na faixa média dos esgotos. Já na Figura 23, observa-se que a temperatura possui uma distribuição assimétrica com as maiores concentrações de amostragem entre os primeiro e terceiro quartis (26°C e 27,4°C,

respectivamente). Já a mediana ($26,5^{\circ}\text{C}$), encontra-se mais próximo do primeiro quartil, o que reforça a afirmação de uma distribuição assimétrica dos resultados, assim como pelo fato da distância do valor máximo ($29,4^{\circ}\text{C}$) ao terceiro quartil ser maior do que a do valor mínimo ($24,8^{\circ}\text{C}$) em relação ao primeiro quartil.

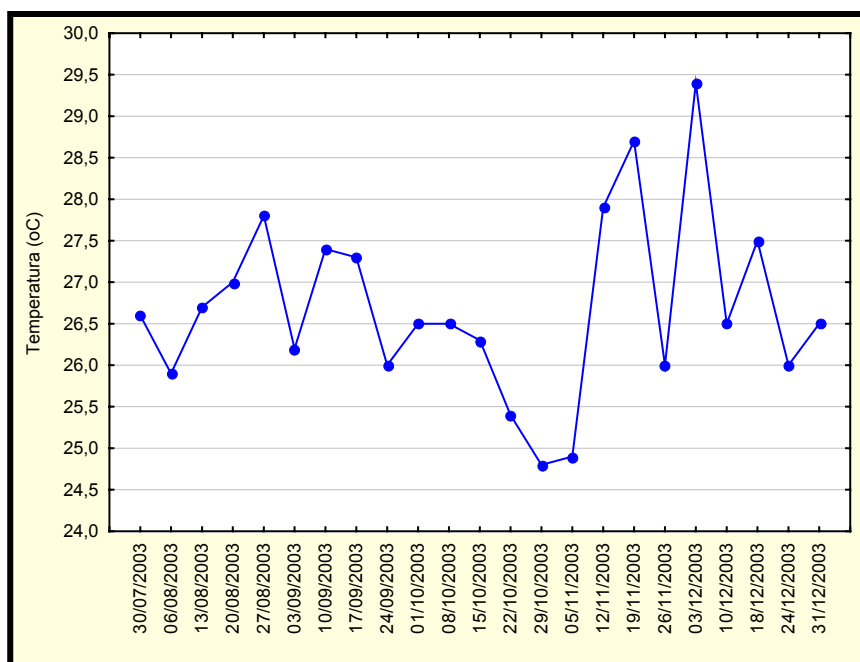


Figura 22: Variação temporal da temperatura – Efluente Tratado.

ETE da indústria têxtil COTEMINAS – São Gonçalo do Amarante/RN, 2003.

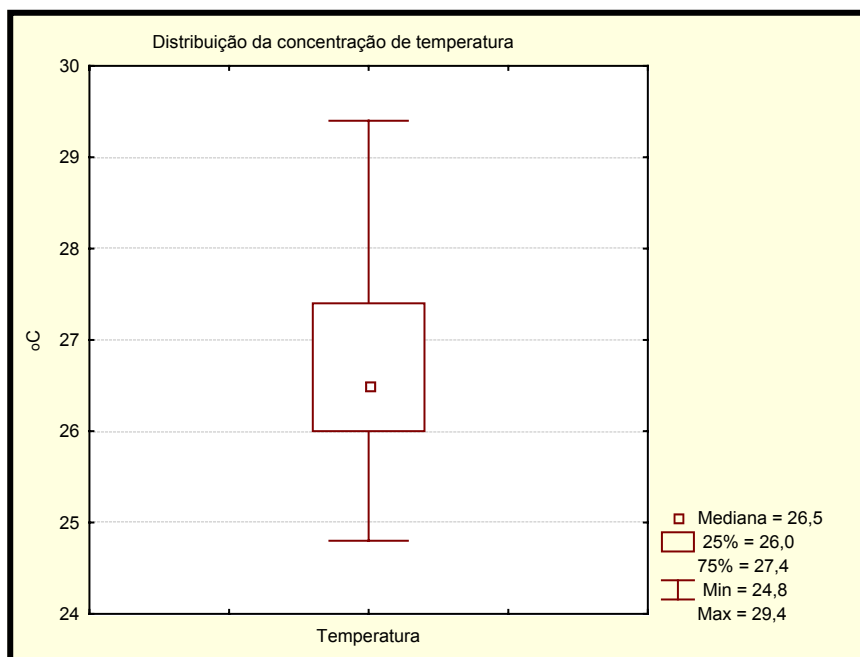


Figura 23: Gráfico “Box & Whisker” de distribuição da temperatura – Efluente Tratado.

ETE da indústria têxtil COTEMINAS – São Gonçalo do Amarante/RN, 2003.

5.2.4 Condutividade

A Figura 24 apresenta a variação temporal da condutividade elétrica das amostras analisadas, numa faixa de 1270 a 3117 $\mu\text{S}/\text{cm}$. Pode-se observar que, a partir do dia 19 de novembro de 2003, as concentrações de condutividade assumem valores acima de 2250 $\mu\text{S}/\text{cm}$, sendo as das coletas anteriores inferiores a 2000 $\mu\text{S}/\text{cm}$.

Para distribuição da concentração de condutividade, o gráfico “Box & Whisker” é apresentado na Figura 25. A presente distribuição é assimétrica, com as maiores freqüências de amostragem variando de 1614,5 a 2405 $\mu\text{S}/\text{cm}$ (primeiro e terceiro quartis, respectivamente), sendo a mediana igual a 1787,6 $\mu\text{S}/\text{cm}$ e bem próximo ao primeiro quartil, o que mostra que a maioria dos resultados está abaixo de 2000 $\mu\text{S}/\text{cm}$. A distância do ponto máximo ao terceiro quartil também é superior à distância do ponto mínimo ao primeiro quartil.

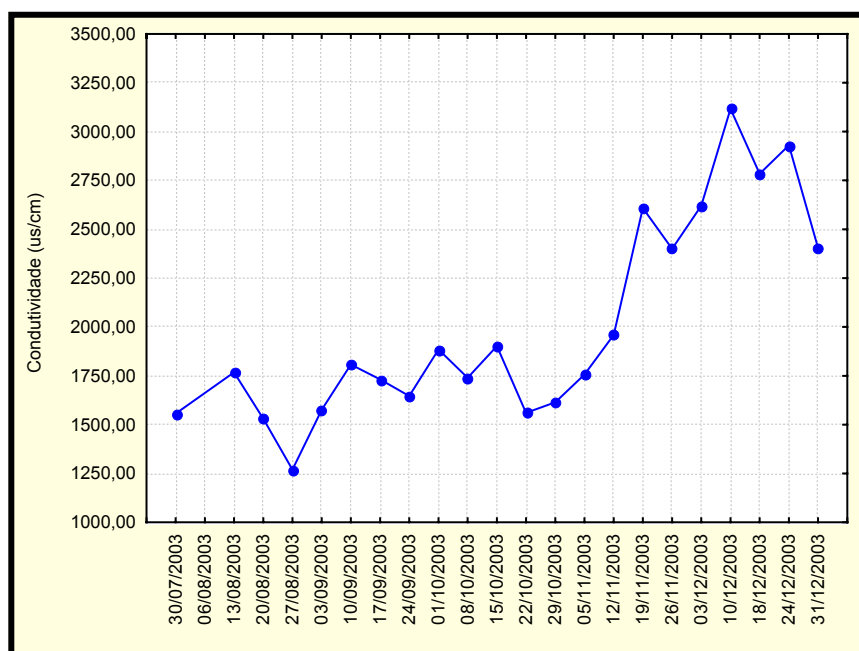


Figura 24: Variação temporal da condutividade – Efluente Tratado.

ETE da indústria têxtil COTEMINAS – São Gonçalo do Amarante/RN, 2003.

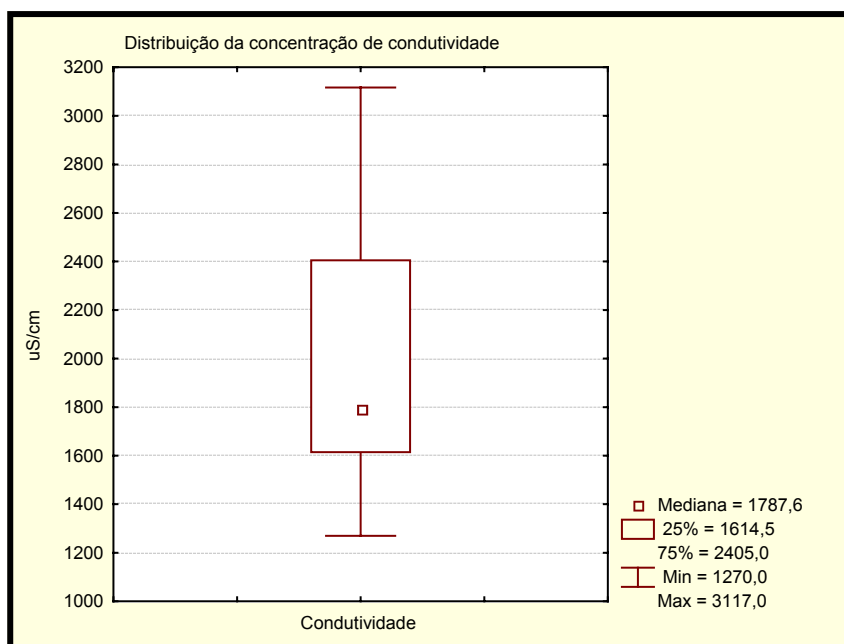


Figura 25: Gráfico “Box & Whisker” de distribuição da condutividade – Efluente Tratado.

ETE da indústria têxtil COTEMINAS – São Gonçalo do Amarante/RN, 2003.

5.2.5 Turbidez

A variação temporal da turbidez é apresentada na Figura 26, variando 6,0 a 28,1 NTU, sendo a mediana igual a 12,97. O gráfico “Box & Whisker” apresentado na Figura 27 representa uma distribuição assimétrica dos valores obtidos para turbidez, com a faixa de maiores resultados entre o primeiro quartil (8,79 NTU) e o terceiro quartil (14,09 NTU), sendo a mediana apresentada bem mais próxima ao terceiro quartil, indicando que o efluente tratado gerado possui um perfil de turbidez entre 12 e 14 NTU. O gráfico ainda apresenta uma grande variação no seu valor máximo em relação aos resultados obtidos no período de análises.

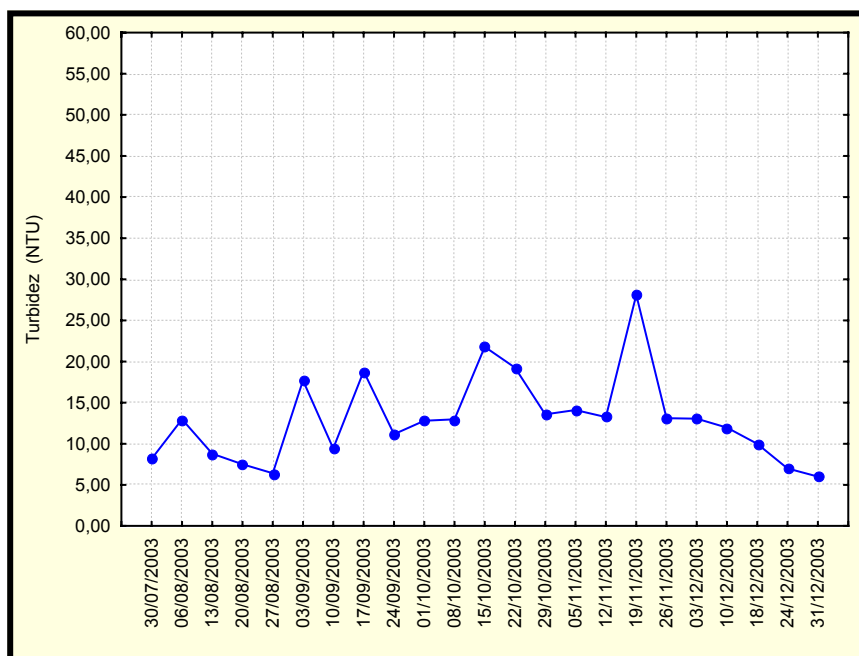


Figura 26: Variação temporal da turbidez – Efluente Tratado.

ETE da indústria têxtil COTEMINAS – São Gonçalo do Amarante/RN, 2003.

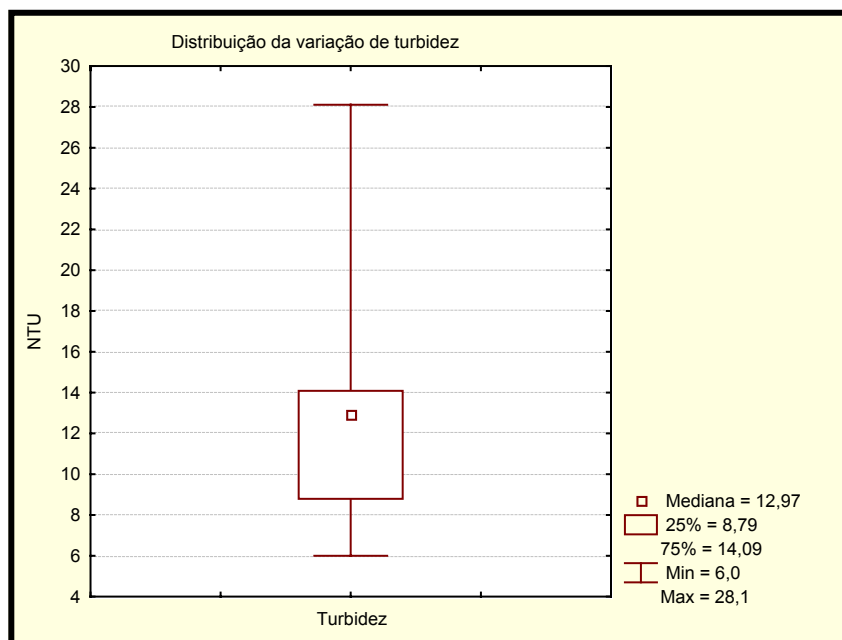


Figura 27: Gráfico “Box & Whisker” da variação da turbidez – Efluente Tratado.

ETE da indústria têxtil COTEMINAS – São Gonçalo do Amarante/RN, 2003.

5.2.6 Oxigênio Dissolvido

A variação temporal do oxigênio dissolvido é apresentada na Figura 28, compreendida numa faixa entre 3,1 a 6,1 mg/L. A Figura 29 apresenta a distribuição da concentração de oxigênio dissolvido, o que indica uma leve simetria, no qual a distância do ponto mínimo (3,1 mg/L) ao primeiro quartil (4,0 mg/L) é um pouco menor que a distância do ponto máximo (6,1 mg/L) ao terceiro quartil (4,7 mg/L), como também pelo fato da mediana (4,39 mg/L) está praticamente equidistante dos quartis.

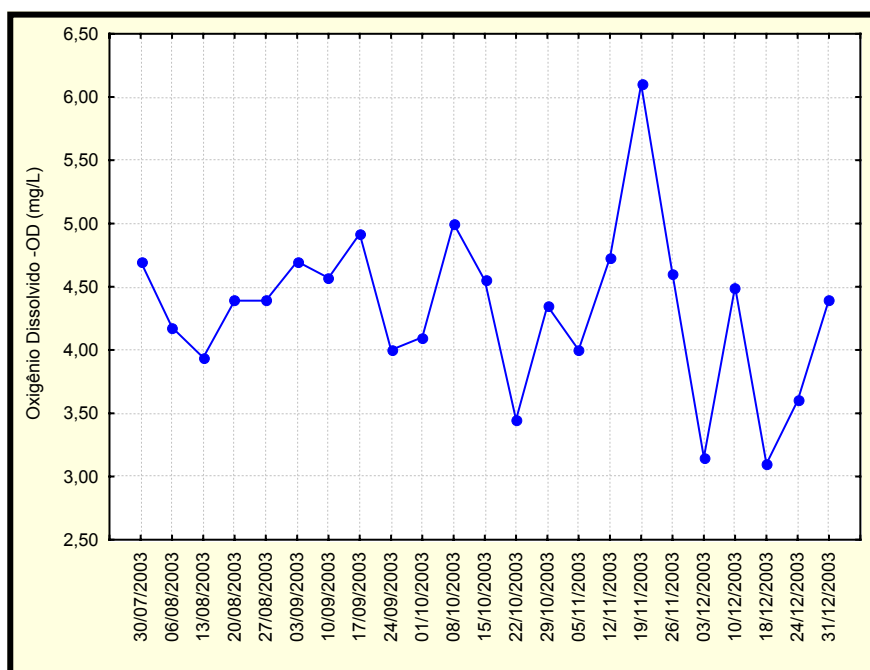


Figura 28: Variação temporal do oxigênio dissolvido – Efluente Tratado.
ETE da indústria têxtil COTEMINAS – São Gonçalo do Amarante/RN, 2003.

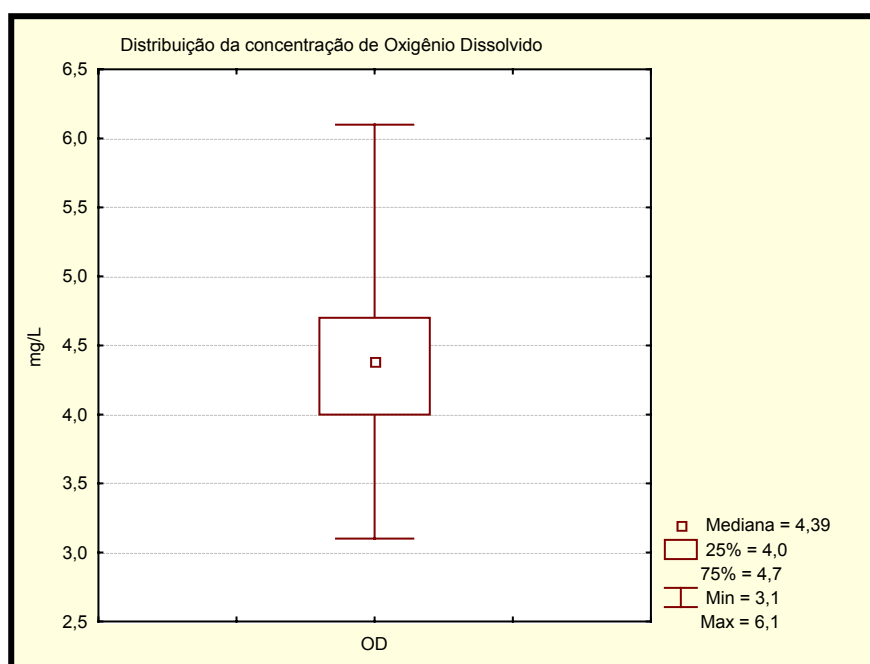


Figura 29: Gráfico “Box & Whisker” da distribuição de oxigênio dissolvido – Efluente Tratado.

ETE da indústria têxtil COTEMINAS – São Gonçalo do Amarante/RN, 2003.

5.2.7 Sólidos Totais

A variação de sólidos totais, totais fixos e voláteis no esgoto tratado é apresentada na Figura 30. Os sólidos totais variaram de 1098 a 2177 mg/L, os sólidos totais fixos de 838 a 1793 mg/L e os sólidos totais voláteis de 113 a 495 mg/L, o que indica uma concentração ainda alta de sólidos totais devido a predominância maior de matérias inorgânicas em relação às orgânicas.

Já o gráfico “Box & Whisker” (Figura 31) representa a distribuição das concentrações de sólidos totais, totais fixos e voláteis, no qual pode-se observar, também, as maiores concentrações de sólidos totais fixos em relação aos sólidos totais voláteis. As distribuições de freqüências de amostragens dos sólidos totais e totais fixos são assimétricas; já para os sólidos totais voláteis, ocorre uma distribuição de freqüências simétricas nas amostragens, gerando um perfil homogêneo.

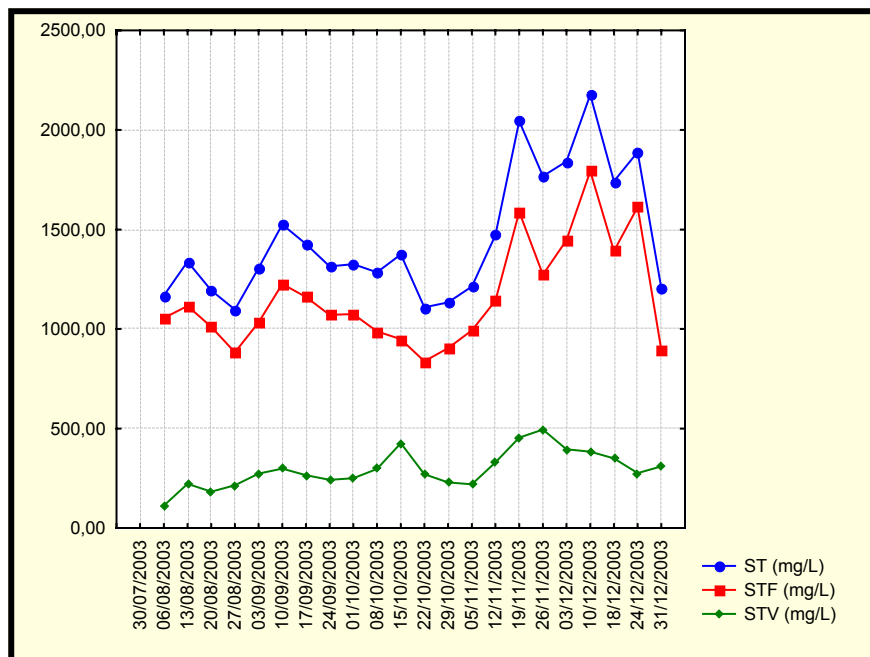


Figura 30: Variação temporal dos sólidos totais, totais fixos e voláteis – Efluente Tratado.

ETE da indústria têxtil COTEMINAS – São Gonçalo do Amarante/RN, 2003.

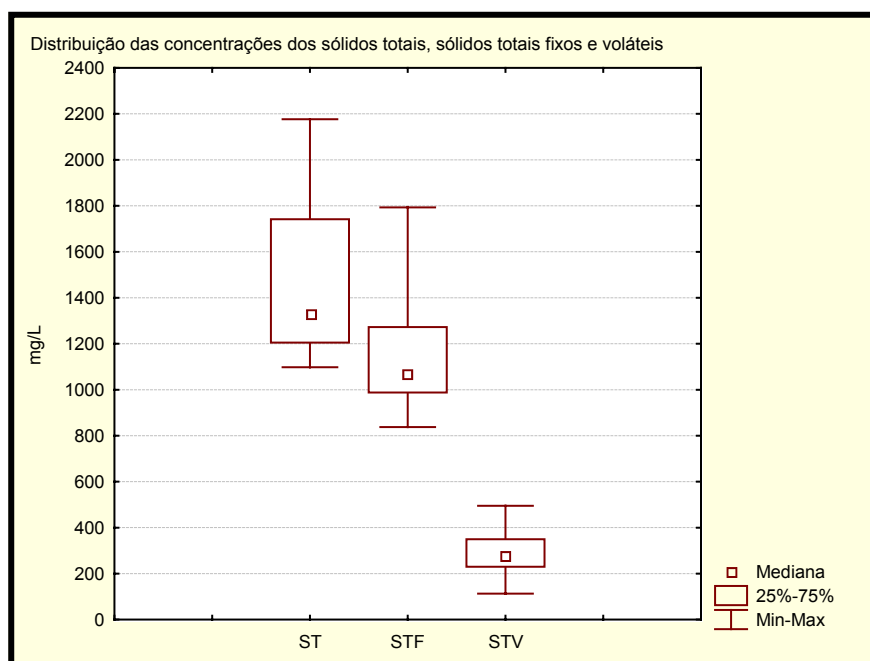


Figura 31: Gráfico “Box & Whisker” da distribuição de sólidos totais, totais fixos e voláteis

– Efluente Tratado.

ETE da indústria têxtil COTEMINAS – São Gonçalo do Amarante/RN, 2003.

5.2.8 Sólidos Totais Suspensos e Dissolvidos

Na Figura 32 e 33 são apresentadas as variações temporais dos sólidos totais suspensos e dos sólidos totais dissolvidos. Os sólidos suspensos variaram de 6 a 44 mg/L e com mediana igual a 19 mg/L; já os sólidos dissolvidos variaram de 1083 a 2163 mg/L e com mediana igual a 1382 mg/L, o que indica uma margem muito alta da concentração de sólidos dissolvidos em relação ao de sólidos suspensos.

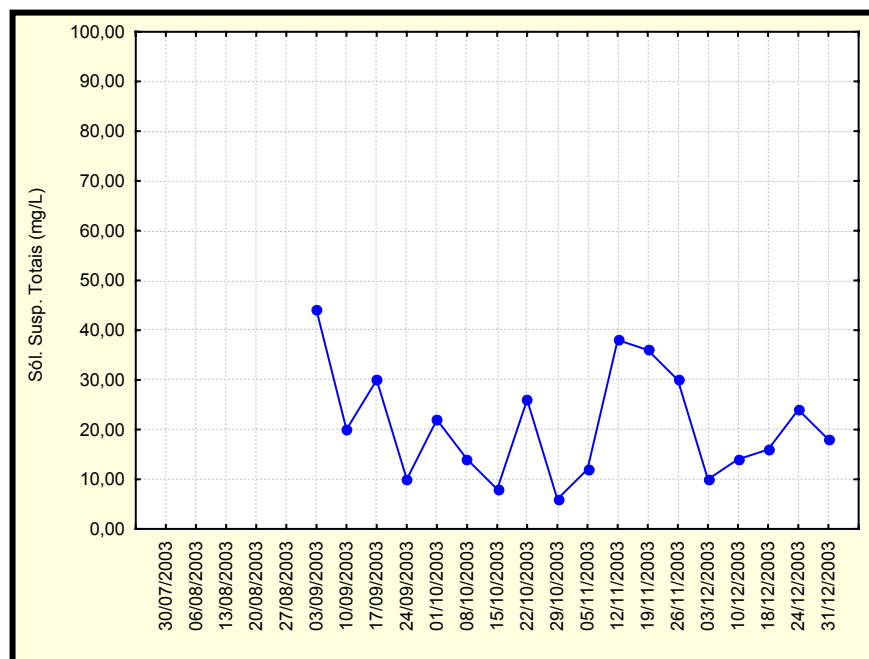


Figura 32: Variação temporal dos sólidos suspensos totais – Efluente Tratado.

ETE da indústria têxtil COTEMINAS – São Gonçalo do Amarante/RN, 2003.

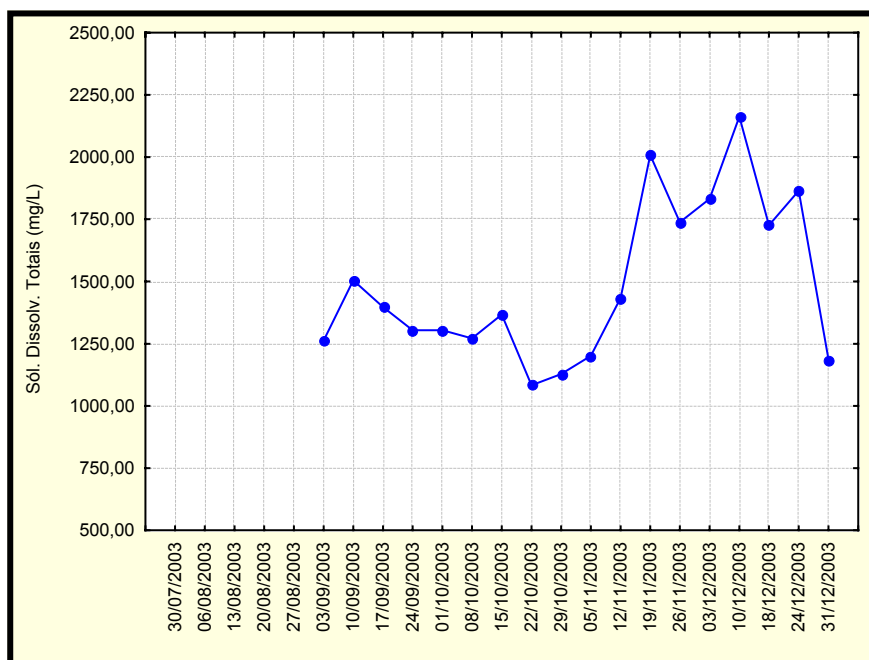


Figura 33: Variação temporal dos sólidos dissolvidos totais – Efluente Tratado.

ETE da indústria têxtil COTEMINAS – São Gonçalo do Amarante/RN, 2003.

Para os gráficos “Box & Whisker” (Figura 34 e 35), são observadas tanto para os sólidos suspensos como para os dissolvidos distribuições de frequências assimétricas. No gráfico dos sólidos totais suspensos, a faixa de maiores concentrações dos resultados apresenta-se entre 12 e 30 mg/L e um valor mediano próximo de 20 mg/L; já os sólidos dissolvidos totais, numa faixa entre 1263 e 1738 mg/L e um valor mediano próximo de 1400 mg/L.

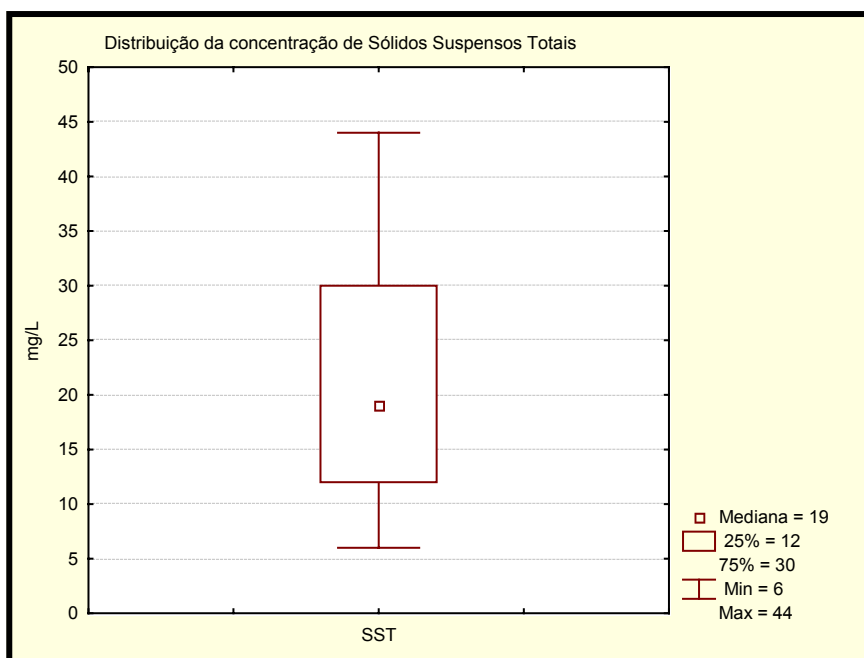


Figura 34: Gráfico “Box & Whisker” da distribuição de sólidos suspensos totais – Efluente Tratado.

ETE da indústria têxtil COTEMINAS – São Gonçalo do Amarante/RN, 2003.

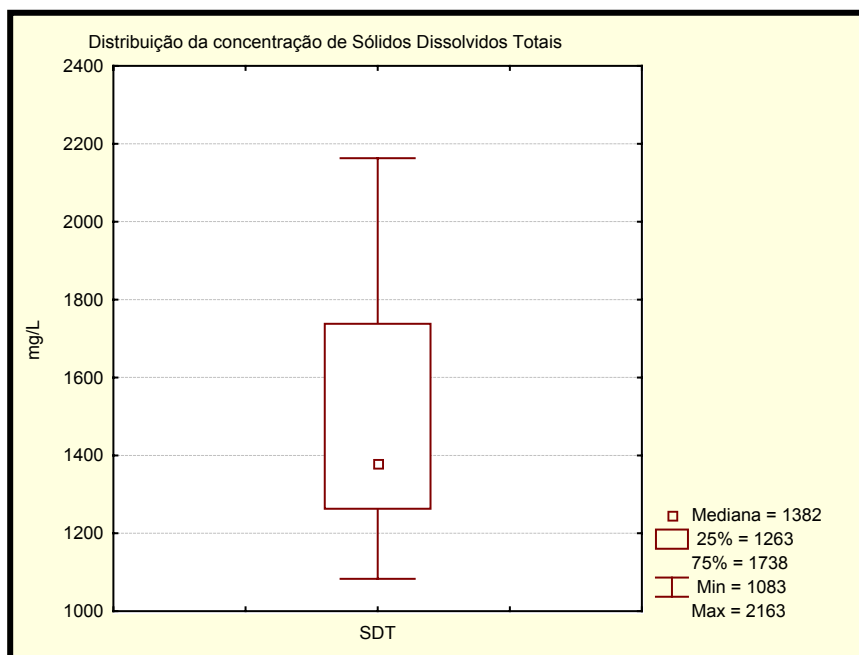


Figura 35: Gráfico “Box & Whisker” da distribuição de sólidos dissolvidos totais – Efluente Tratado.

ETE da indústria têxtil COTEMINAS – São Gonçalo do Amarante/RN, 2003.

5.2.9 Sólidos Decantáveis

No gráfico da Figura 36 observa-se que para os sólidos decantáveis houve apenas uma única vez um valor de 1 mg/L em todo o período de coleta, e este resultado se deve ao fato de que na hora da coleta estava sendo lavado o decantador secundário. Os outros resultados foram nulos, o que comprova a eficiência no tratamento do esgoto com relação a esse parâmetro, devido à existência de um decantador secundário.

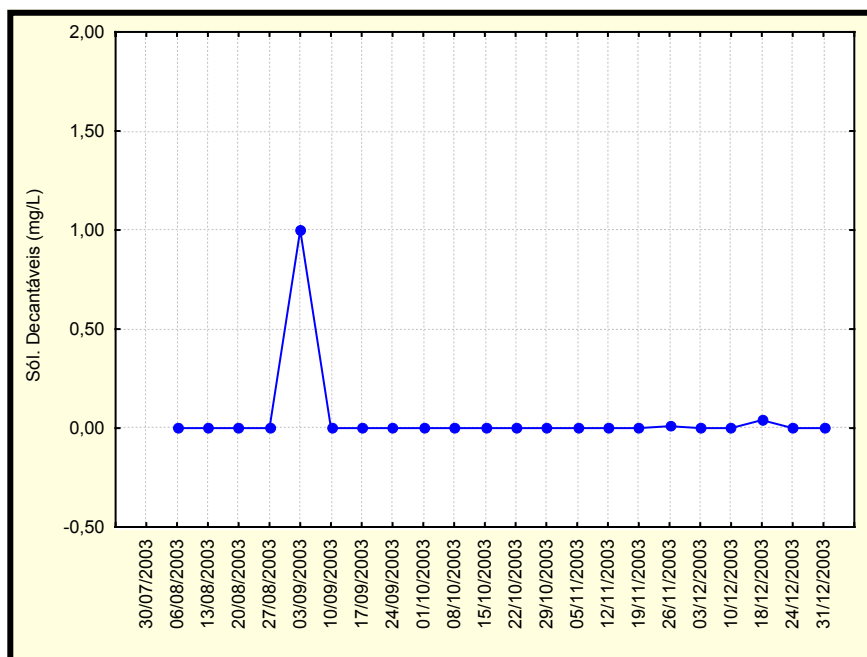


Figura 36: Variação temporal dos sólidos decantáveis – Efluente Tratado.

ETE da indústria têxtil COTEMINAS – São Gonçalo do Amarante/RN, 2003.

5.2.10 – Cor

A Figura 37 apresenta a variação temporal dos resultados obtidos para a cor medida no período de coleta, sendo o valor mínimo de 158 PtCo e o valor máximo de 888 PtCo, mostrando uma variação bem dispersa devido a utilização de corantes no processo de tingimento.

O gráfico “Box & Whisker” (Figura 38) apresenta a distribuição de frequência assimétrica, com o valor máximo obtido bem acima da faixa de maiores concentrações. Essa faixa de concentração dos resultados compreende-se entre 261 e 488 PtCo (primeiro e terceiro quartis, respectivamente), com mediana igual a 380 PtCo.

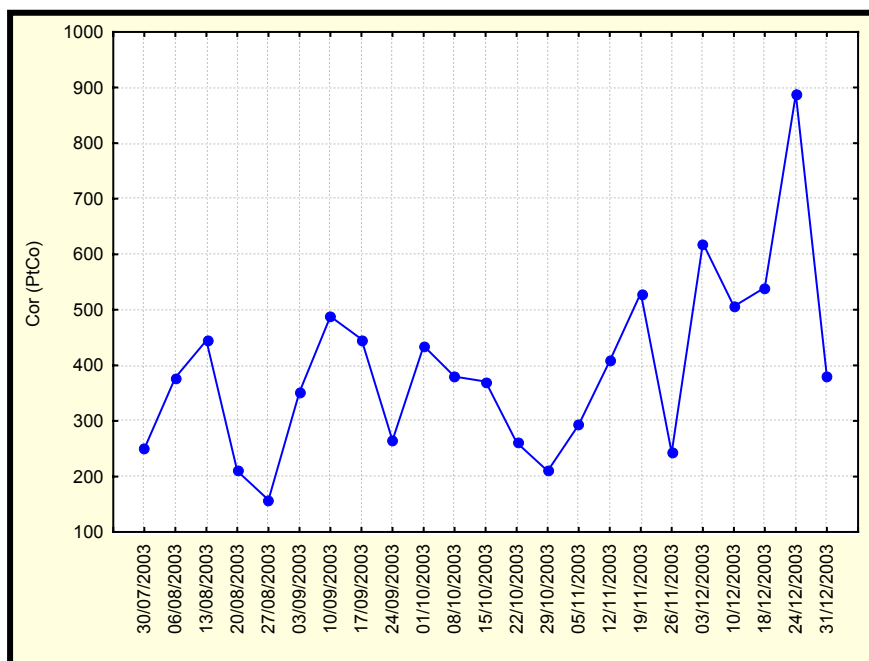


Figura 37: Variação temporal da cor – Efluente Tratado.

ETE da indústria têxtil COTEMINAS – São Gonçalo do Amarante/RN, 2003.

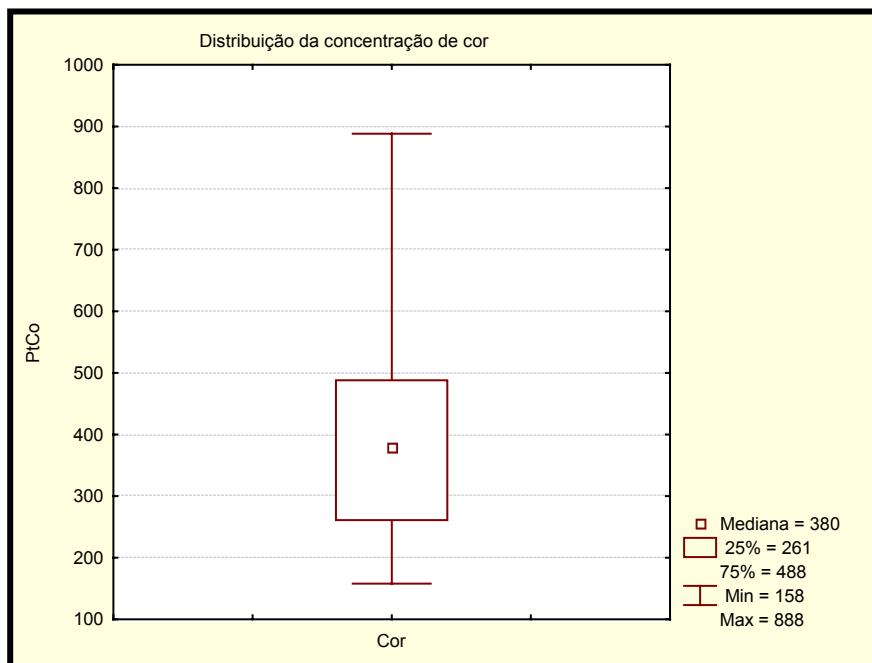


Figura 38: Gráfico “Box & Whisker” da distribuição da cor – Efluente Tratado.

ETE da indústria têxtil COTEMINAS – São Gonçalo do Amarante/RN, 2003.

5.2.11 Cloretos

A Figura 39 mostra a variação temporal de cloretos, que apresentam um valor mínimo de 229,85 mg/L e um valor máximo de 676,26 mg/L, com a mediana igual a 386,62 mg/L.

Já o gráfico da Figura 40 apresenta uma distribuição de frequências assimétrica para os cloretos, durante o período de coleta, com a faixa de maiores concentrações entre os quartis 1 e 3, tendo como valores 337,7 e 450,84 mg/L, respectivamente, e sua mediana inferior a 400 mg/L. A assimetria é explicada pelo fato da diferença entre o primeiro quartil e o ponto mínimo ser menor do que a diferença entre o ponto máximo e o terceiro quartil, conforme visualização no gráfico tipo “Box & Whisker”.

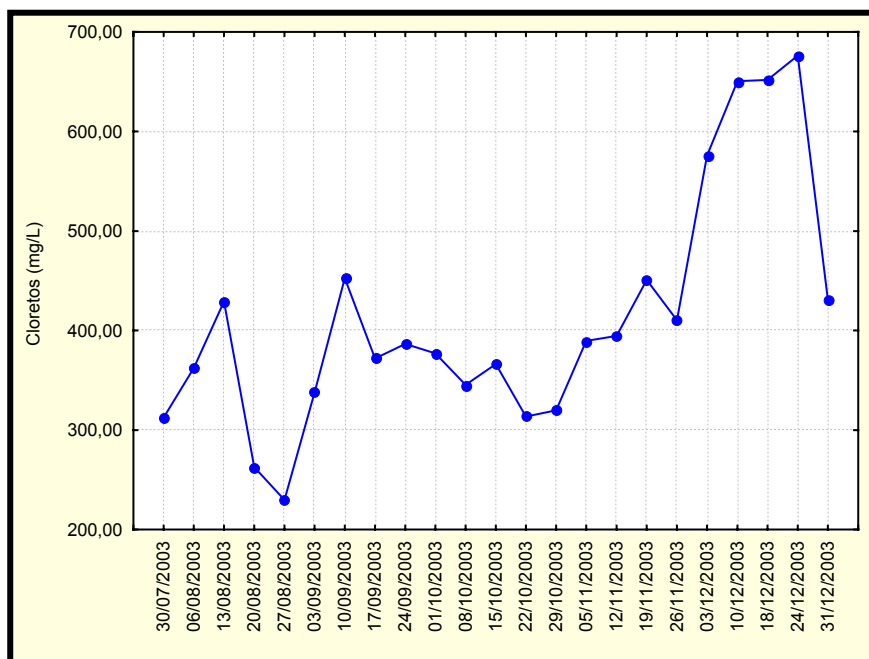


Figura 39: Variação temporal de cloretos – Efluente Tratado.

ETE da indústria têxtil COTEMINAS – São Gonçalo do Amarante/RN, 2003.

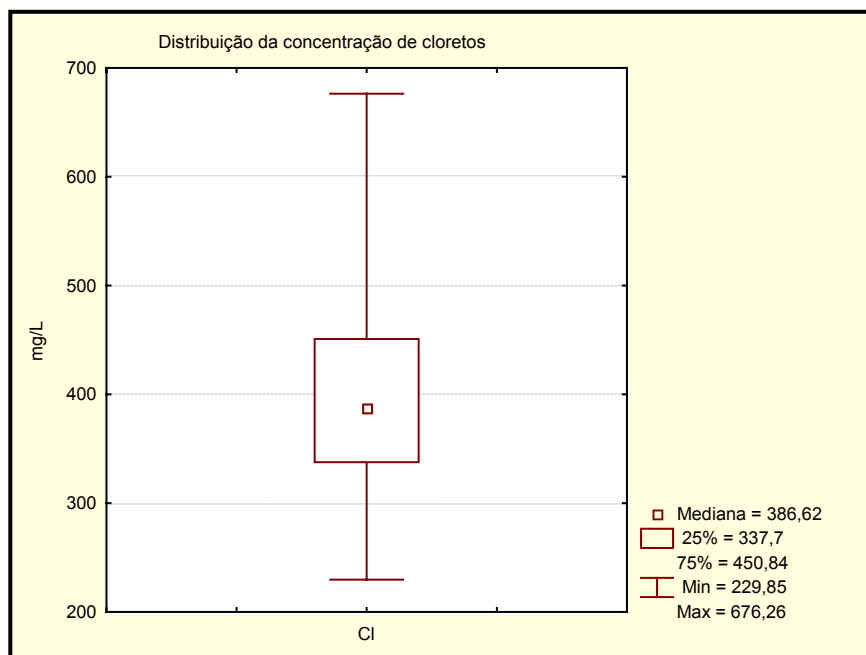


Figura 40: Gráfico “Box & Whisker” da distribuição de cloretos – Efluente Tratado.

ETE da indústria têxtil COTEMINAS – São Gonçalo do Amarante/RN, 2003.

5.2.12 Nitrogênio

A Figura 41 mostra as variações das concentrações da série nitrogênio. Observa-se nos resultados das análises que o nitrato foi a forma nitrogenada que mais se apresentou em relação aos demais, variando de 5,14 a 15,50 mg/L N, e mediana igual a 10,12 mg/L N. O nitrogênio na forma orgânica apresentou uma variação de 0,196 a 7,60 mg/L N, e mediana 3,18 mg/L N. O nitrogênio amoniacal teve uma variação de 0,166 a 12,90 mg/L N, mediana igual a 0,72 mg/L N. Já os nitritos, tiveram todos os resultados iguais a zero.

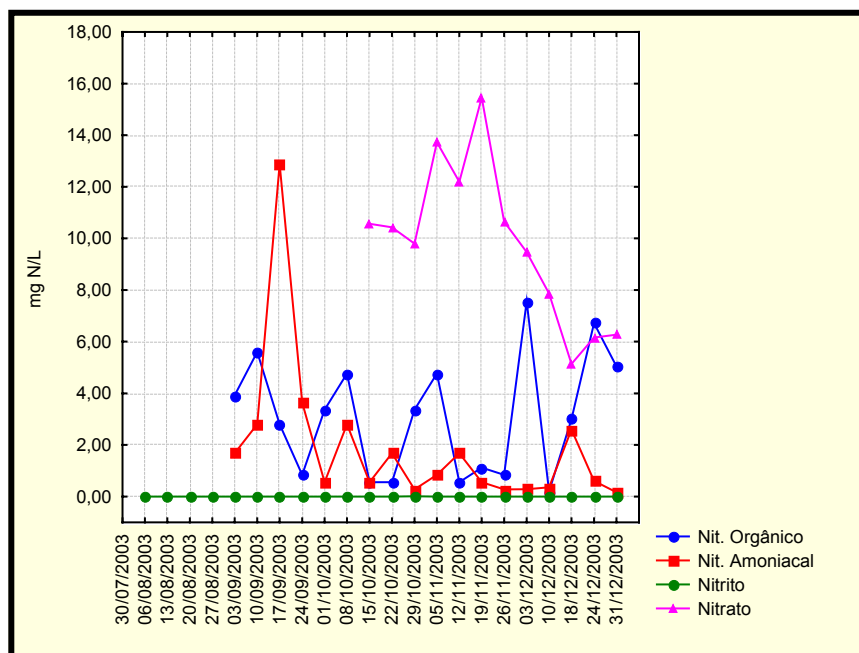


Figura 41: Variação temporal dos compostos nitrogenados – Efluente Tratado.

ETE da indústria têxtil COTEMINAS – São Gonçalo do Amarante/RN, 2003.

A Figura 42 mostra que todos compostos de nitrogênio apresentaram uma distribuição de frequência assimétrica dos resultados, conforme a variação heterogênea de seus valores, com exceção dos nitritos.

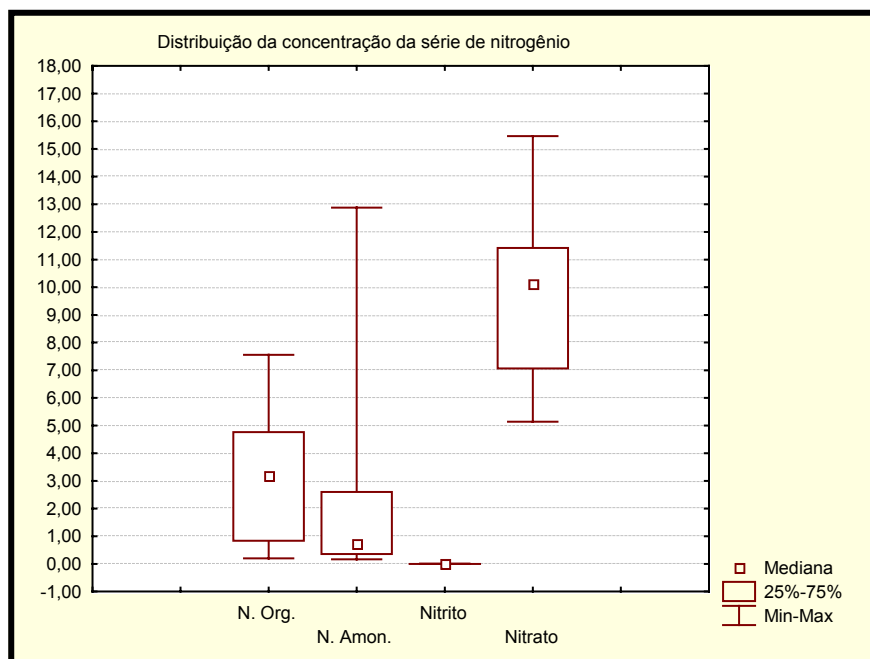


Figura 42: Gráfico “Box & Whisker” da distribuição dos compostos nitrogenados – Efluente Tratado.

ETE da indústria têxtil COTEMINAS – São Gonçalo do Amarante/RN, 2003.

O gráfico da Figura 43 apresenta a variação temporal das concentrações do nitrogênio total, que é, por definição, a soma dos quatro compostos nitrogenados, sendo o valor mínimo igual a 8,42 mg N/L e o valor máximo igual a 19,33 mg N/L.

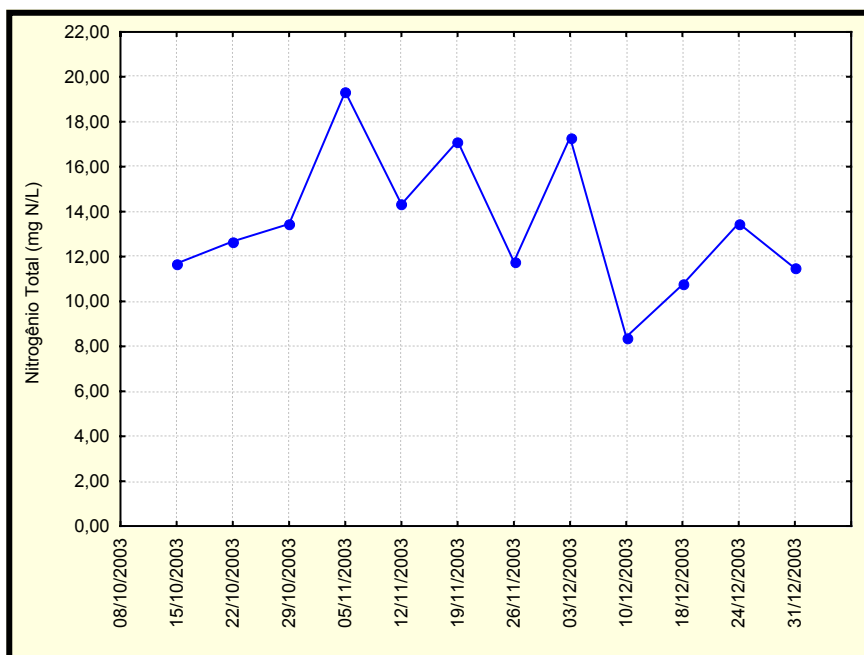


Figura 43: Variação temporal do nitrogênio total – Efluente Tratado.

ETE da indústria têxtil COTEMINAS – São Gonçalo do Amarante/RN, 2003.

5.2.13 Fósforo Total

A determinação do fósforo total teve uma variação de 0,33 a 2,19 mg P/L (Figura 44) na fase de coleta, apresentando um valor mediano de 1,34 mg P/L. Através da Figura 45, verifica-se que a maior concentração de fósforo total está compreendido na faixa de 0,48 a 1,59 mg P/L, correspondendo aos primeiro e terceiro quartis (25% e 75%), respectivamente. Observa-se, também, uma distribuição de frequência assimétrica, estando a linha superior (ponto máximo) bem maior que a linha inferior (ponto mínimo), e ainda, pelo fato da mediana se aproximar bem mais do terceiro quartil, o que se conclui a tendência das concentrações de fósforo serem maiores que 1,34 mg P/L e menores que 2,0 mg P/L.

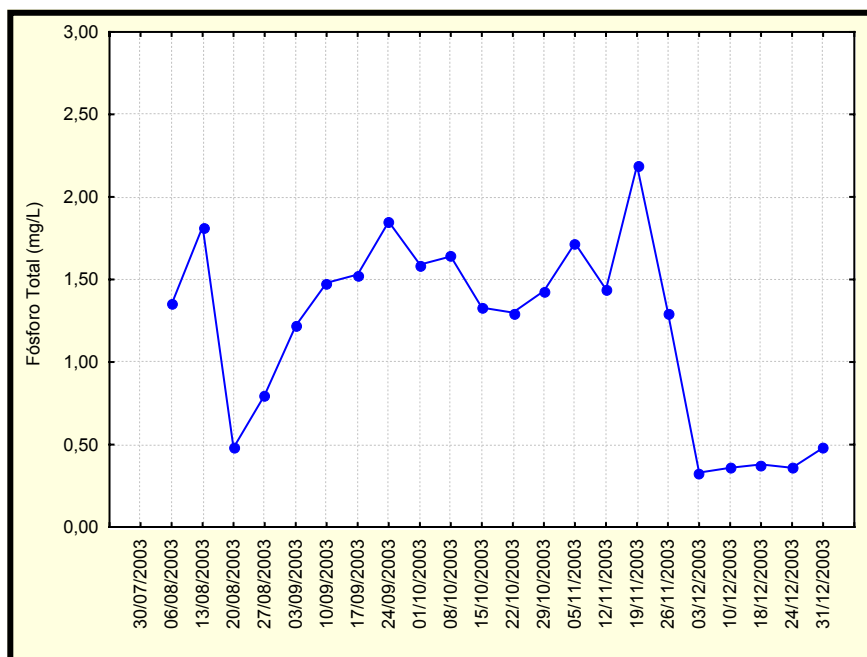


Figura 44: Variação temporal de fósforo total – Efluente Tratado.

ETE da indústria têxtil COTEMINAS – São Gonçalo do Amarante/RN, 2003.

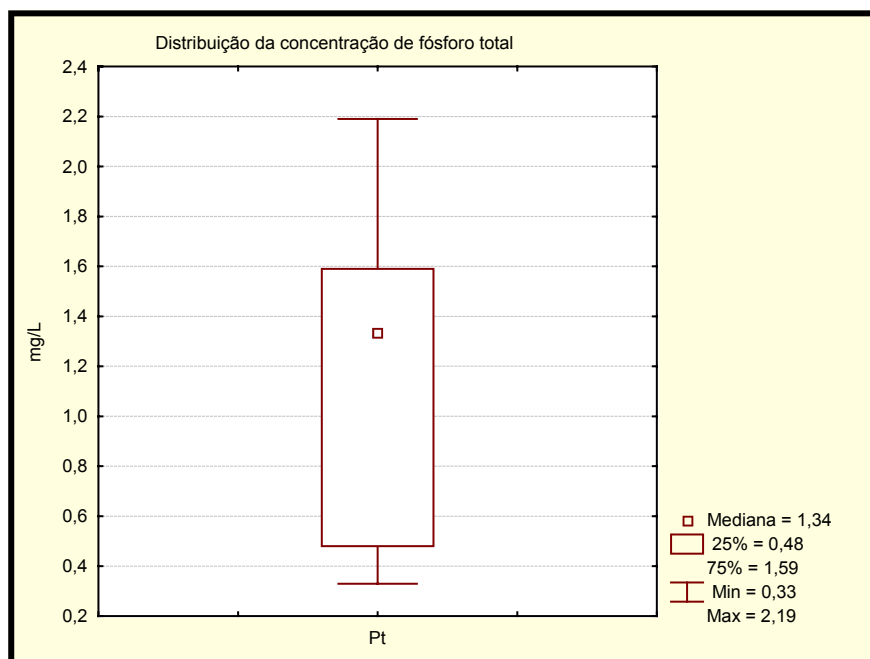


Figura 45: Gráfico “Box & Whisker” da distribuição de fósforo total – Efluente Tratado.

ETE da indústria têxtil COTEMINAS – São Gonçalo do Amarante/RN, 2003.

5.2.14 Sulfetos e Sulfatos

No gráfico da Figura 46 observa-se a variação temporal de sulfetos e sulfatos durante a pesquisa realizada. Percebe-se que as concentrações de sulfetos são mínimas, próximas de zero; já o mesmo não acontece para os sulfatos, que apresentam concentrações bem mais altas, que variaram de 25,00 a 104,47 mg/L. Pode-se entender essa faixa de concentração de sulfatos pelo fato de serem utilizados, no processo industrial, produtos a base de enxofre, o qual passa para a forma de SO_4 por causa do sistema de aeração existente no tratamento de esgotos; como também pela utilização de ácido sulfúrico (H_2SO_4), para correção de pH.

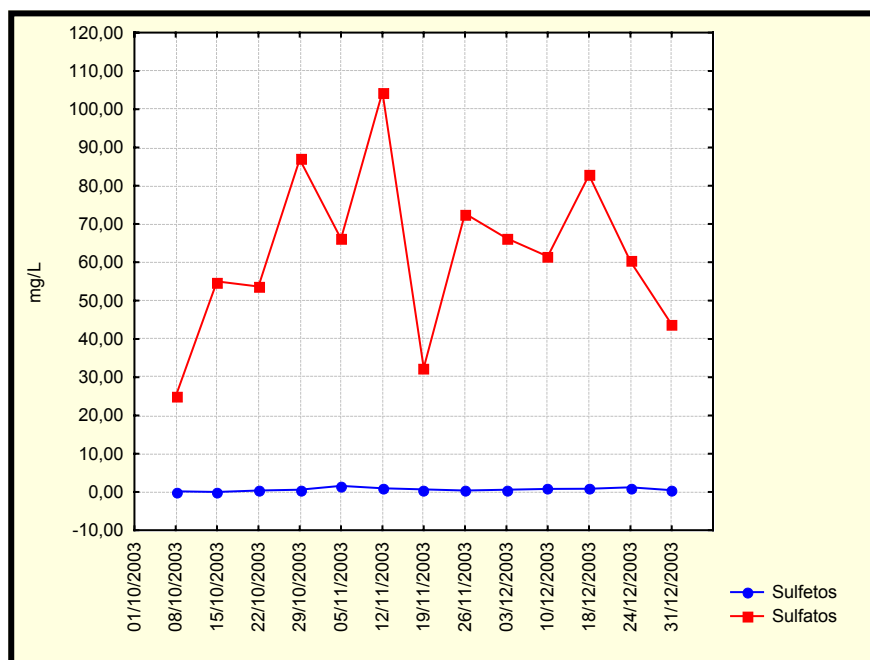


Figura 46: Variação temporal de sulfetos e sulfatos – Efluente Tratado.

ETE da indústria têxtil COTEMINAS – São Gonçalo do Amarante/RN, 2003.

A concentração mínima de sulfetos pode ser melhor visualizada no gráfico da Figura 47, sendo a faixa de maior distribuição de frequência nos quartis de 25% e 75%, com seus valores variando de 0,40 a 0,85 mg/L e mediana igual a 0,60 mg/L. Este gráfico apresenta uma leve distribuição assimétrica, pois percebe-se que a diferença do valor máximo obtido (1,60 mg/L) ao

terceiro quartil (0,85 mg/L) é maior do que a diferença do valor do primeiro quartil (0,40 mg/L) ao valor mínimo (0,00).

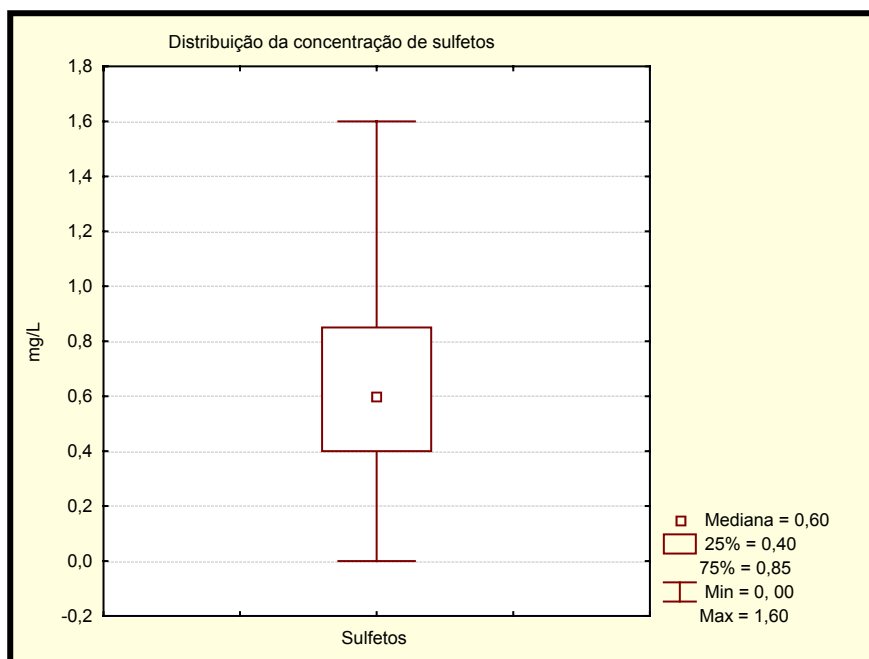


Figura 47: Gráfico “Box & Whisker” da distribuição de sulfetos – Efluente Tratado.

ETE da indústria têxtil COTEMINAS – São Gonçalo do Amarante/RN, 2003.

Já no gráfico “Box & Whisker” para as concentrações de sulfatos (Figura 48), observa-se uma leve distribuição de frequência simétrica, no qual sua faixa de maiores concentrações está compreendida entre 53,67 e 72,74 mg/L, sendo a mediana suavemente mais próxima do primeiro quartil, pouco acima de 60 mg/L.

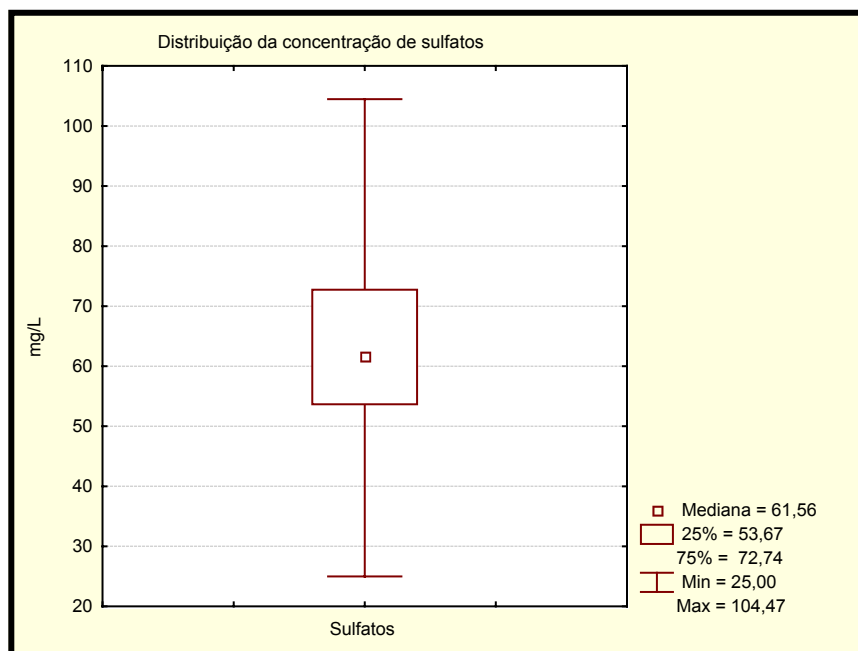


Figura 48: Gráfico “Box & Whisker” da distribuição de sulfatos – Efluente Tratado.

ETE da indústria têxtil COTEMINAS – São Gonçalo do Amarante/RN, 2003.

5.2.15 Metais Pesados

A Figura 49 apresenta a variação temporal das concentrações de metais pesados, medida num período de coletas de nove semanas, do dia 05 de novembro ao dia 31 de dezembro de 2003. O cobre foi o metal pesado que teve a maior faixa de concentração, com mediana igual a 0,30 mg Cu/L. Já os demais metais pesados (Níquel, Cromo, Cádmio, Chumbo e Zinco) tiveram medianas inferiores a 0,05 mg/L.

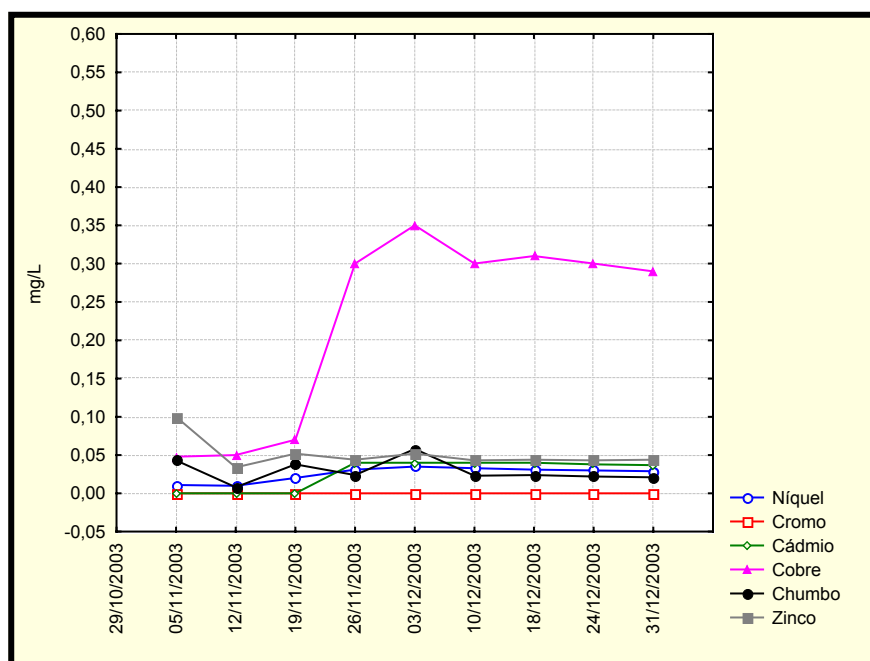


Figura 49: Variação temporal dos metais pesados – Efluente Tratado.

ETE da indústria têxtil COTEMINAS – São Gonçalo do Amarante/RN, 2003.

O gráfico do tipo “Box & Whisker” (Figura 50) apresenta a distribuição assimétrica que existiu em todos os metais pesados analisados na pesquisa, no qual percebe-se que o cobre possui uma tendência de apresentar concentrações a partir de 0,30 mg Cu/L, o zinco, concentrações de 0,04 mg Zn/L e o restante, concentrações abaixo de 0,04 mg/L.

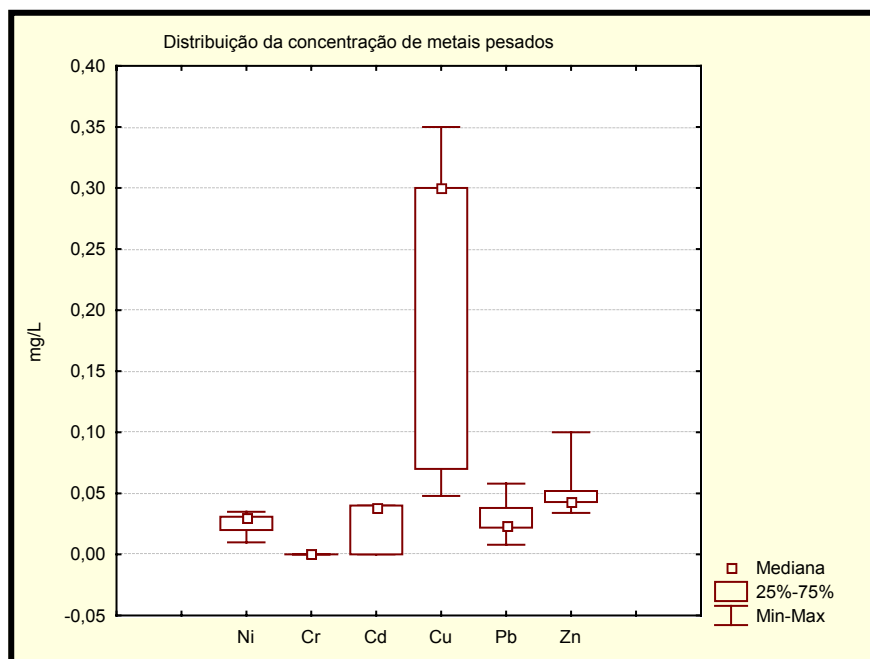


Figura 50: Gráfico “Box & Whisker” da distribuição dos metais pesados – Efluente Tratado.

ETE da indústria têxtil COTEMINAS – São Gonçalo do Amarante/RN, 2003.

5.2.16 Ferro e Manganês

A Figura 51 apresenta a variação temporal das concentrações de ferro e de manganês obtidas durante um período de coleta de nove semanas consecutivas. O ferro apresentou uma variação de 0,29 a 1,40 mg Fe/L, e mediana igual a 0,75 mg Fe/L; já o manganês, apresentou uma variação temporal de 0,004 a 0,10 mg Mn/L, e mediana coincidindo com o valor máximo obtido.

No gráfico da Figura 52 observa-se uma distribuição assimétrica para ambos parâmetros. O ferro apresentou sua mediana bem próxima ao terceiro quartil (0,80 mg Fe/L) e com valor máximo distante do quartil superior, o que não se observa para o valor mínimo em relação ao quartil inferior (0,42 mg Fe/L, primeiro quartil). Por sua vez, o manganês apresentou a mediana, o terceiro quartil e o ponto máximo com o mesmo valor (0,10 mg Mn/L).

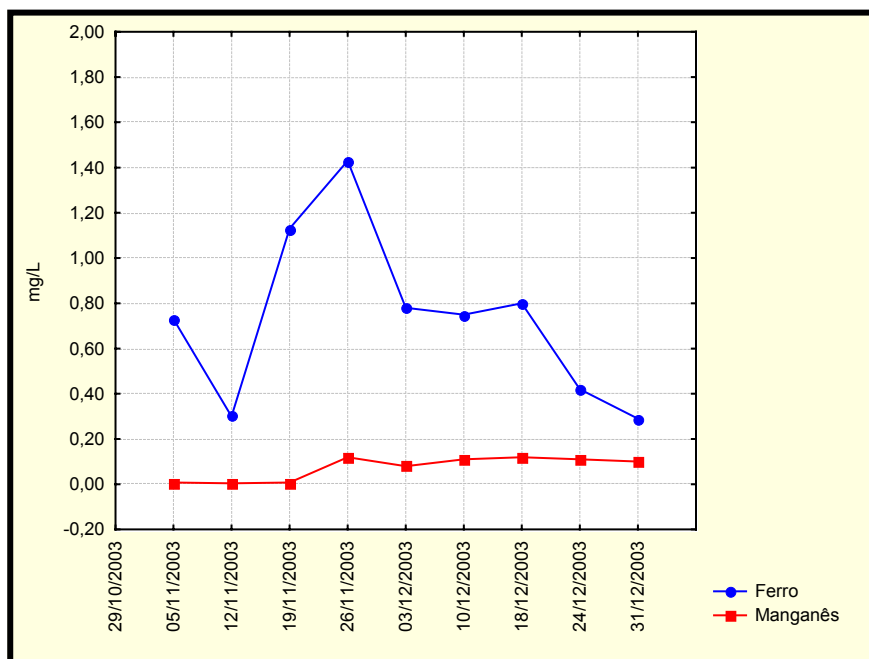


Figura 51: Variação temporal do ferro e do manganês – Efluente Tratado.
ETE da indústria têxtil COTEMINAS – São Gonçalo do Amarante/RN, 2003.

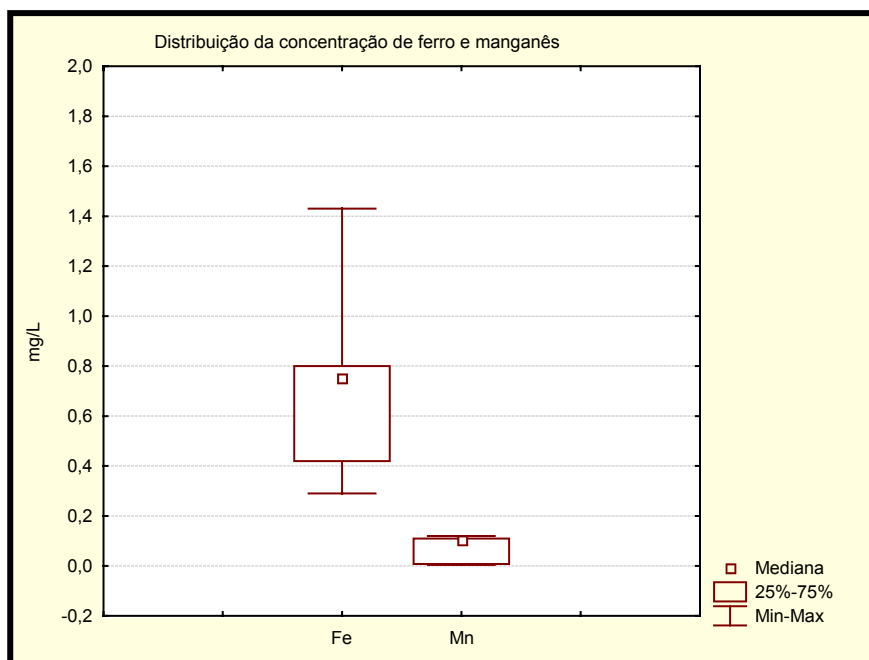


Figura 52: Gráfico “Box & Whisker” da distribuição do ferro e do manganês – Efluente Tratado.

ETE da indústria têxtil COTEMINAS – São Gonçalo do Amarante/RN, 2003.

5.2.17 Dureza Total

A Figura 53 apresenta a variação temporal da concentração de dureza presente nas águas residuárias tratadas da indústria têxtil ora em estudo, sendo o valor mínimo obtido de 23,81 mg/L e valor máximo de 85,32 mg/L. Segundo a classificação das águas, para a margem de maior concentração da distribuição de frequência, que variou entre 30,75 e 63,49 mg/L (faixa de 25% a 75%), pode-se interpretar os resultados como uma água residuária com dureza de mole a moderada (Figura 54). Observa-se, ainda, que a distribuição de amostragem apresenta-se de forma assimétrica, sendo a mediana de 34,72 mg/L mais próxima de primeiro quartil e a diferença do valor máximo ao terceiro quartil maior do que a diferença entre o primeiro quartil e o valor mínimo.

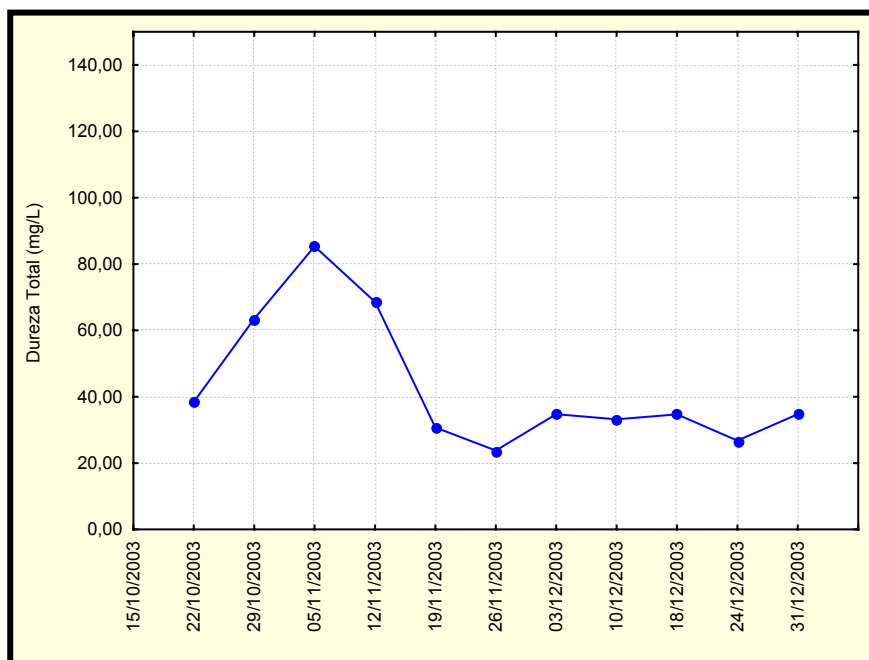


Figura 53: Variação temporal da dureza total – Efluente Tratado.

ETE da indústria têxtil COTEMINAS – São Gonçalo do Amarante/RN, 2003.

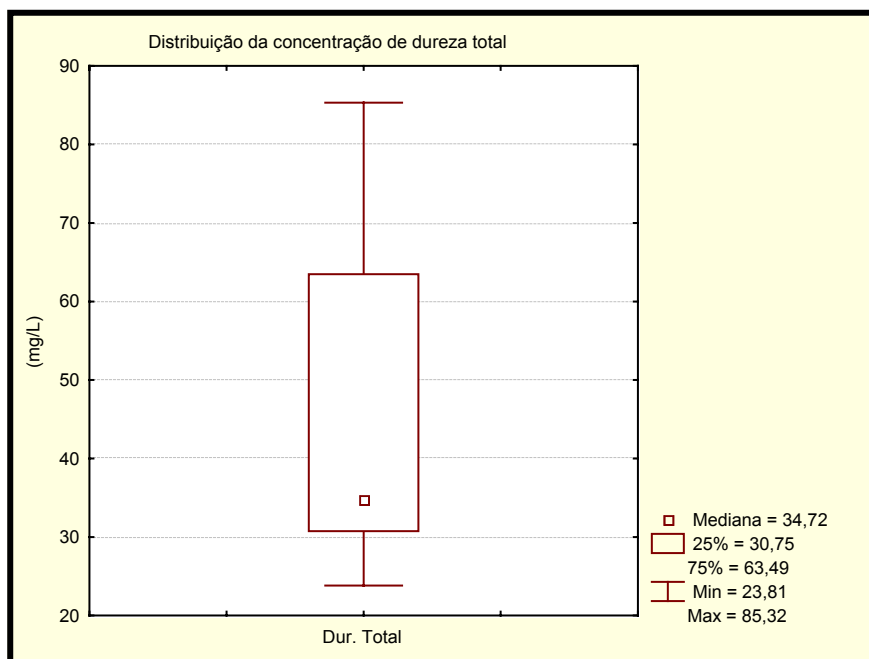


Figura 54: Gráfico “Box & Whisker” da distribuição da dureza total – Efluente Tratado.

ETE da indústria têxtil COTEMINAS – São Gonçalo do Amarante/RN, 2003.

5.2.18 Alcalinidade Total

Como as amostras analisadas apresentam uma faixa de pH entre 8 e 9, a alcalinidade medida distribui-se nas formas de carbonatos e bicarbonatos. A variação temporal de alcalinidade total apresenta-se, no gráfico da Figura 55, com valores entre 271,61 e 804,98 mg CaCO_3/L , sendo a mediana igual a 373,59 mg CaCO_3/L .

O gráfico do tipo “Box & Whisker” (Figura 56) apresenta a faixa de maior concentração da distribuição de frequência da alcalinidade total oscilando entre 331,86 e 536,37 mg CaCO_3/L (primeiro e terceiro quartis, respectivamente), sendo a mediana mais próxima do primeiro quartil, caracterizando uma distribuição assimétrica.

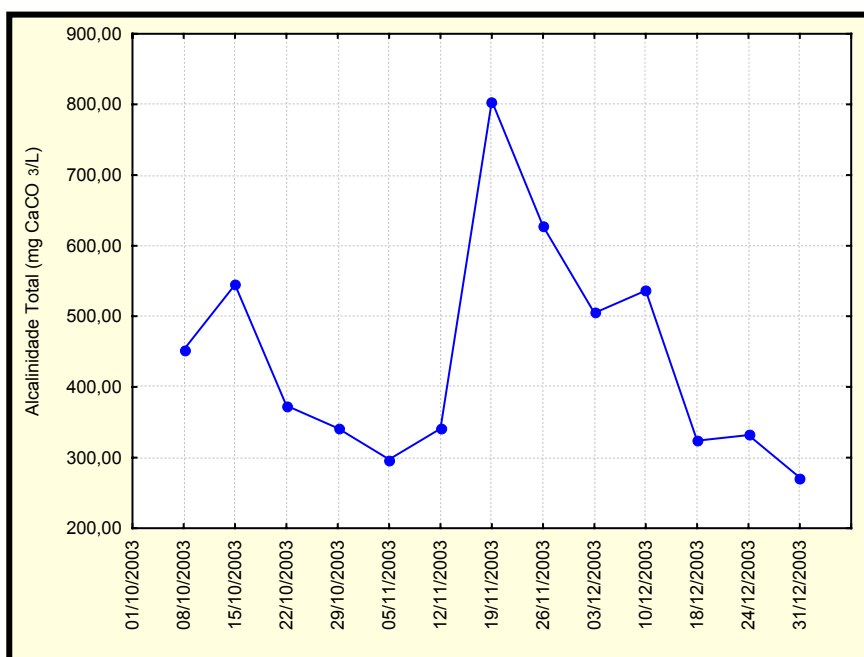


Figura 55: Variação temporal de alcalinidade total – Efluente Tratado.

ETE da indústria têxtil COTEMINAS – São Gonçalo do Amarante/RN, 2003.

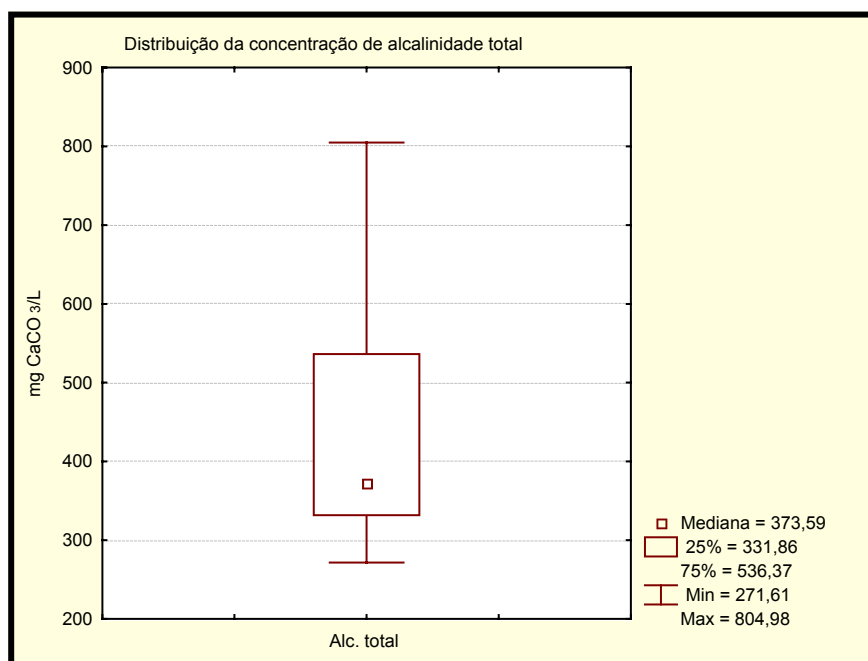


Figura 56: Gráfico “Box & Whisker” da distribuição de alcalinidade total – Efluente Tratado.

ETE da indústria têxtil COTEMINAS – São Gonçalo do Amarante/RN, 2003.

5.2.19 Matéria Orgânica

Os parâmetros utilizados para analisar a matéria orgânica presente nas amostras não apresentaram valores elevados (Figura 57). A DBO máxima obtida foi de 29,14 mg/L e a DQO máxima foi de 161,51 mg/L, com a DBO apresentando uma mediana de 14,53 mg/L e a DQO uma mediana de 89,6 mg/L. Nos gráficos “Box & Whisker” (Figura 58 e 59), pode-se observar que os valores máximos, tanto para DBO como para a DQO, estão bem mais distantes das faixas de maiores concentrações (primeiro e terceiro quartis) do que os valores mínimos obtidos, que para a DBO foi de 3,65mg/L e para a DQO foi de 64 mg/L, indicando uma distribuição assimétrica para ambos os parâmetros.

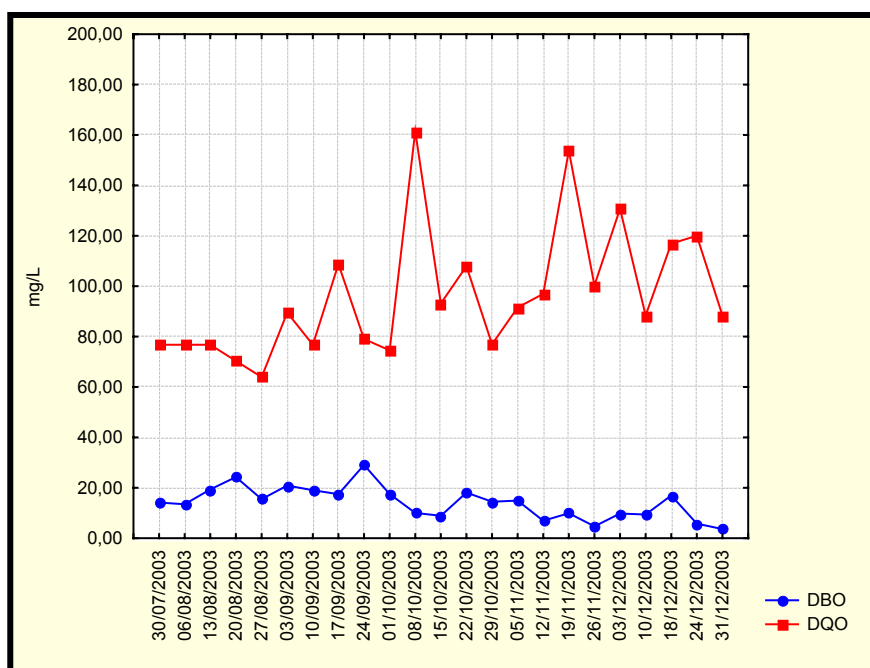


Figura 57: Variação temporal da DBO e DQO – Efluente Tratado.

ETE da indústria têxtil COTEMINAS – São Gonçalo do Amarante/RN, 2003.

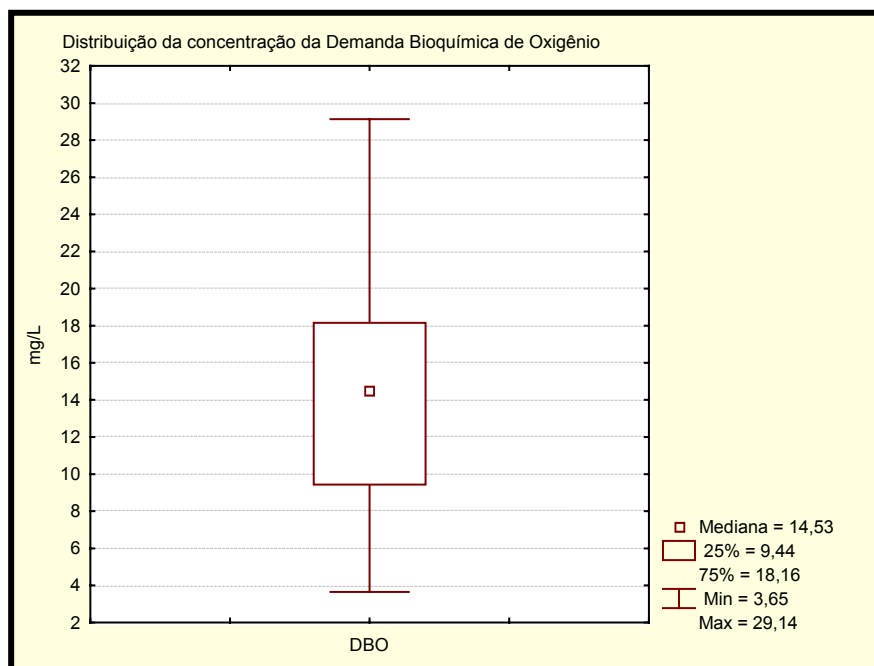


Figura 58: Gráfico “Box & Whisker” da distribuição da DBO – Efluente Tratado.

ETE da indústria têxtil COTEMINAS – São Gonçalo do Amarante/RN, 2003.

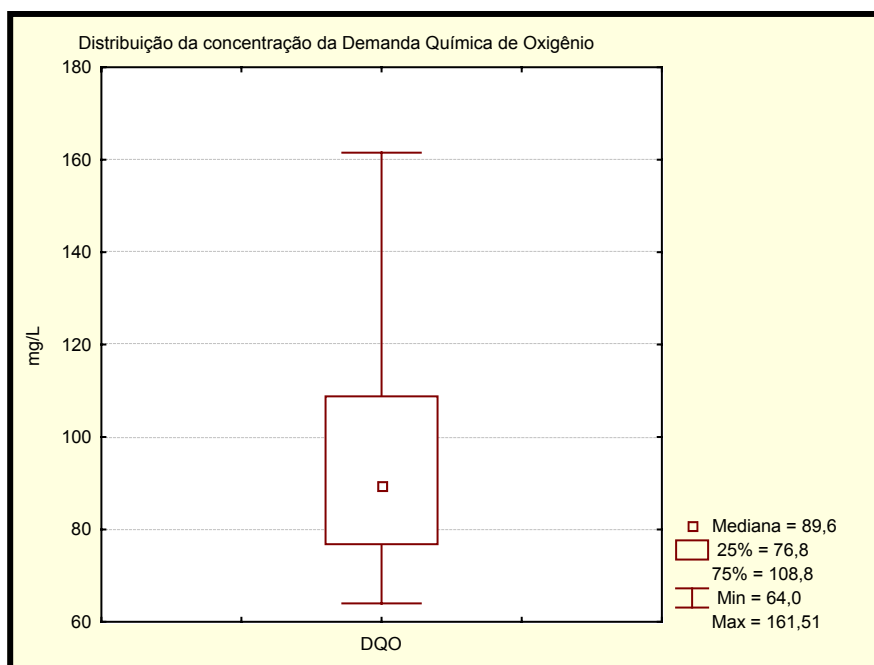


Figura 59: Gráfico “Box & Whisker” da distribuição da DQO – Efluente Tratado.

ETE da indústria têxtil COTEMINAS – São Gonçalo do Amarante/RN, 2003.

5.2.20 Coliformes Fecais e Totais

As concentrações de coliformes fecais e totais sofreram grandes oscilações, como apresentado na Figura 60, durante o período de coleta de amostras. A concentração de coliformes fecais variou de $1,0 \times 10^3$ a $2,6 \times 10^5$ CF/100mL e a concentração de coliformes totais variou de $3,7 \times 10^3$ a $3,5 \times 10^5$ CT/100mL. Em se tratando de efluente final, tais concentrações de coliformes estão muito altas.

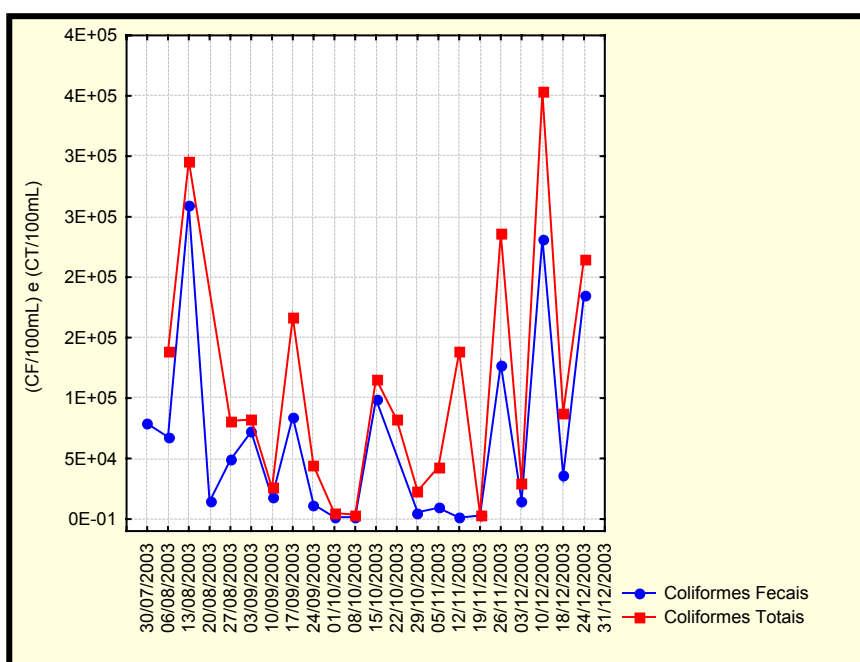


Figura 60: Variação temporal de coliformes fecais e totais – Efluente Tratado.

ETE da indústria têxtil COTEMINAS – São Gonçalo do Amarante/RN, 2003.

As distribuições de freqüências para os coliformes fecais e totais (Figura 61) são assimétricas, sendo o valor da mediana para os coliformes fecais igual a $3,6 \times 10^4$ CF/100mL e para os coliformes totais igual $8,2 \times 10^4$ CT/100mL. Os coliformes fecais apresentam sua mediana mais próxima do quartil inferior (25%) em relação a mediana dos coliformes totais. Os valores máximos, tanto para coliformes fecais como totais, distanciam-se bastante do quartil superior

(75%); já o mesmo não acontece para as duas distribuições em relação ao valor mínimo com o quartil inferior.

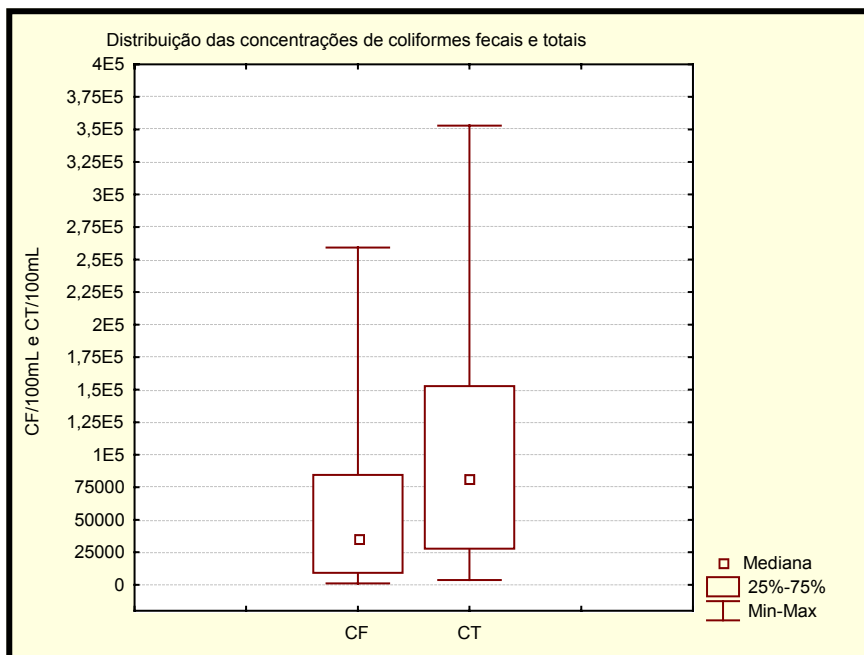


Figura 61: Gráfico “Box & Whisker” da distribuição de coliformes fecais e totais – Efluente Tratado.

ETE da indústria têxtil COTEMINAS – São Gonçalo do Amarante/RN, 2003.

5.2.21 Helmintos

Nos resultados de contagem dos ovos de helmintos, as amostras apresentaram um valor máximo de 4 ovos/L (Figura 62) e a maioria dos resultados apresentou a inexistência de ovos, gerando uma mediana nula. De acordo com o perfil traçado com os resultados, pode-se concluir que a distribuição de frequência de ovos de helmintos é assimétrica (Figura 63), sendo a mediana e o primeiro quartil nulos e o terceiro quartil igual a 1 ovo/L.

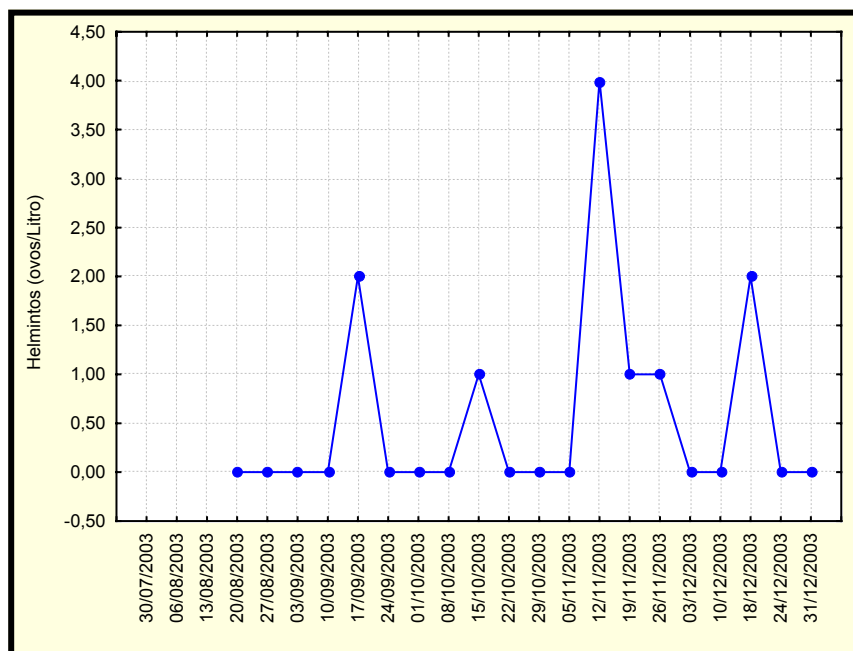


Figura 62: Variação temporal de ovos de helminto – Efluente Tratado.
ETE da indústria têxtil COTEMINAS – São Gonçalo do Amarante/RN, 2003.

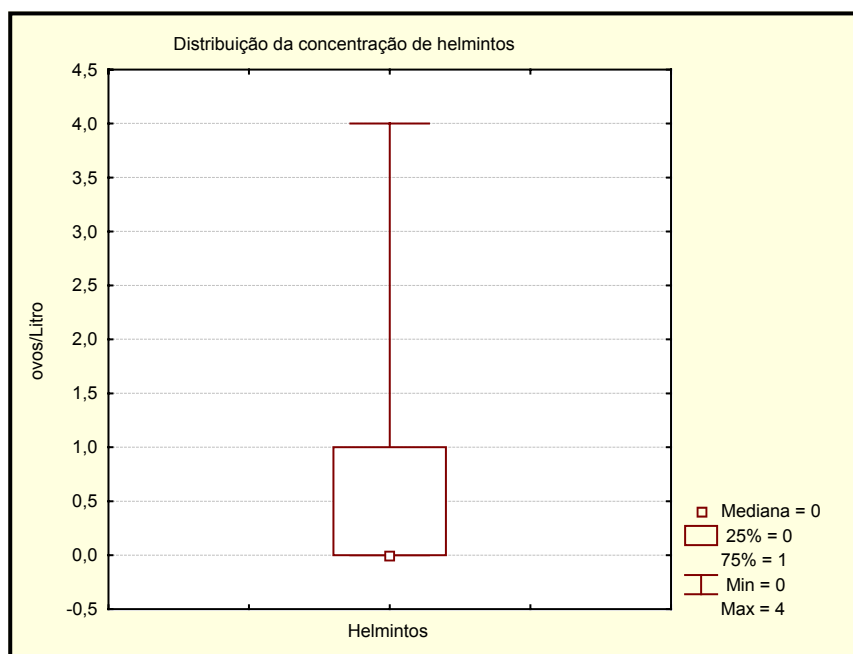


Figura 63: Gráfico “Box & Whisker” da distribuição de ovos de helminto – Efluente Tratado.

ETE da indústria têxtil COTEMINAS – São Gonçalo do Amarante/RN, 2003.

5.3 AVALIAÇÃO DO POSSÍVEL USO DAS ÁGUAS RESIDUÁRIAS TRATADAS DA INDÚSTRIA TÊXTIL

Com base nas normas internacionais e nacionais que possibilitam a prática do uso de águas residuárias, e de posse dos dados estatísticos do efluente tratado apresentados anteriormente, serão abordadas as análises dos diversos tipos de uso. Neste item, será dada ênfase aos valores da mediana e os máximos obtidos de cada parâmetro, para que se possa classificar corretamente os tipos de usos que podem se enquadrar para o presente efluente, em função dos parâmetros analisados.

5.3.1 POSSIBILIDADE PARA O USO URBANO

A Tabela 28 apresenta a análise para a utilização das águas residuárias em irrigações de áreas urbanas em que pode existir o contato direto com a população, conforme os limites máximos recomendados em algumas legislações.

Tabela 28: Análise do uso de águas residuárias em meio urbano, sendo permitido o contato direto com o público conforme os resultados do efluente tratado da ETE da indústria têxtil

COTEMINAS – São Gonçalo do Amarante/RN, 2003.

Parâmetro	Und.	Efluente Tratado da ETE		CONAMA Classe 1	CONAMA Classe 2	Jordânia	México
		Mediana	Máximo				
pH	-	8,33	9,20	6 – 9	6 – 9	6 – 9	-
Temperatura	°C	26,50	29,40	-	-	-	40
Condutividade	µS/cm	1787,60	3117,00	-	-	-	-
Turbidez	NTU	12,97	28,10	40	100	2	-
OD	mg/L	4,39	6,10	≥ 6	≥ 5	> 2	-

Caracterização do efluente da ETE de uma indústria têxtil, visando possíveis usos
Mestrando Engº Alexandre Marcos F. da C. e Silva

Sól. Totais	mg/L	1332,50	2177,00	-	-	2050	-
Sól. Totais Fixos	mg/L	1073,00	1793,00	-	-	-	-
Sól. Totais Voláteis	mg/L	275,00	495,00	-	-	-	-
Sól. Suspensos Totais	mg/L	19,00	44,00	-	-	50	125
Sól. Dissolvidos Totais	mg/L	1382,00	2163,00	500	500	2000	-
Sól. Decantáveis	ml/L	0,00	1,00	-	-	-	2
Cor	PtCo	380,00	888,00	- (*)	75	75	-
Cloretos	mg/L	386,62	676,30	250	250	350	-
Nit. Kjeldahl	mg/L	4,84	15,70	-	-	-	-
Nit. Org.	mg/L	3,18	7,60	-	-	-	-
Nit. Amoniacal	mg/L	0,72	12,90	-	-	50	-
NO₂ - N	mg/L	0,00	0,00	1,0	1,0	-	-
NO₃ - N	mg/L	10,12	15,50	10	10	25	-
Fósforo Total	mg/L	1,34	2,20	0,025	0,025	15	30
Sulfetos	mg/L	0,60	1,60	0,002	0,002	-	-
Sulfatos	mg/L	61,56	104,50	250	250	1000	-
Níquel	mg Ni/L	0,03	0,035	0,025	0,025	0,2	4,0
Cromo	mg Cr/L	0,00	0,00	0,05	0,05	0,1	-
Cádmio	mg Cd/L	0,04	0,04	0,001	0,001	0,01	0,2
Cobre	mg Cu/L	0,30	0,40	0,02	0,02	0,2	6,0
Chumbo	mg Pb/L	0,02	0,10	0,03	0,03	0,1	0,4
Zinco	mg Zn/L	0,04	0,10	0,18	0,18	2,0	20
Ferro	mg Fe/L	0,75	1,40	0,3	0,3	5,0	-
Manganês	mg Mn/L	0,10	0,10	0,1	0,1	0,2	-

Caracterização do efluente da ETE de uma indústria têxtil, visando possíveis usos
Mestrando Engº Alexandre Marcos F. da C. e Silva

Dureza Total	mg/L	34,72	85,30	-	-	460	-
Alcalinidade Total	mg CaCO ₃ /L	373,59	805,00	-	-	-	-
DBO	mg/L	14,53	29,10	≤ 3	≤ 5	15	150
DQO	mg/L	89,60	161,50	-	-	200	-
Coliformes Fecais	CF/100mL	3,6x10⁴	2,6x10 ⁵	≤ 250	≤ 250	23	-
Coliformes Totais	CT/100mL	8,2x10⁴	3,5x10 ⁵	≤ 1250	≤ 1250	-	-
Helmintos	ovos/Litro	0,00	4,00	-	-	1**	-

NOTA:

- Os valores em negrito representam os parâmetros que não estão em conformidade com o tipo de reuso segundo as legislações analisadas.

* Nível de cor natural do corpo d'água.

** Helmintos do grupo dos nematóides.

Os valores dos parâmetros: pH, turbidez, OD, sólidos totais, sólidos dissolvidos totais, cor, cloretos, nitratos, fósforo total, sulfetos, níquel, cádmio, cobre, chumbo, ferro, DBO, coliformes fecais e totais e helmintos se apresentaram em desconformidade para o uso de águas residuárias em meio urbano com a possibilidade do contato direto com o público. O pH apresentou o valor máximo um pouco acima dos limites recomendados nas legislações. A turbidez apresentou mediana abaixo dos limites recomendados pela resolução do CONAMA, mas com valor acima do limite estabelecido pela legislação da Jordânia. Já o oxigênio dissolvido apresentou mediana em conformidade com a legislação da Jordânia, mas não com a resolução do CONAMA. O valor máximo dos sólidos totais apresenta-se acima do estabelecido pela Jordânia. Já os sólidos dissolvidos totais apresentam mediana acima dos recomendados nas legislações. A cor e os cloretos possuem as medianas acima dos valores estabelecidos pelas legislações. Os

nitratos apresentam mediana em conformidade com a legislação da Jordânia, mas levemente acima dos recomendados pela resolução do CONAMA. Os valores da mediana do fósforo total e dos sulfetos apresentam-se em desconformidade apenas com a resolução do CONAMA. Os valores das medianas dos metais (níquel, cádmio, cobre e ferro) apresentam desconformidade com algumas das legislações apresentadas. O chumbo apresenta seu valor máximo superior aos estabelecidos na resolução do CONAMA. A DBO possui sua mediana inferior aos recomendados pelas legislações do México e Jordânia, mas superior aos recomendados pela resolução do CONAMA. Os valores das medianas para coliformes fecais e totais se apresentaram bem superiores aos limites máximos estabelecidos nas legislações. Já os helmintos apresentam apenas um valor máximo acima do recomendado pela legislação da Jordânia.

A Tabela 29 apresenta a análise para a utilização das águas residuárias em irrigações de áreas urbanas, em que não se permite o contato direto com a população, conforme os limites máximos recomendados na legislação.

Tabela 29: Análise do uso de águas residuárias em meio urbano, não sendo permitido o contato direto com o público, conforme os resultados do efluente tratado da ETE da indústria têxtil COTEMINAS – São Gonçalo do Amarante/RN, 2003.

Parâmetro	Und.	Efluente Tratado da ETE		CONAMA Classe 3	Jordânia
		Mediana	Máximo		
pH	-	8,33	9,20	6 – 9	6 – 9
Temperatura	°C	26,50	29,40	-	-
Condutividade	µS/cm	1787,60	3117,00	-	-
Turbidez	NTU	12,97	28,10	100	2

Caracterização do efluente da ETE de uma indústria têxtil, visando possíveis usos
Mestrando Engº Alexandre Marcos F. da C. e Silva

OD	mg/L	4,39	6,10	≥ 4	> 2
Sól. Totais	mg/L	1332,50	2177,00	-	2050
Sól. Totais Fixos	mg/L	1073,00	1793,00	-	-
Sól. Totais Voláteis	mg/L	275,00	495,00	-	-
Sól. Suspensos Totais	mg/L	19,00	44,00	-	50
Sól. Dissolvidos Totais	mg/L	1382,00	2163,00	500	2000
Sól. Decantáveis	ml/L	0,00	1,00	-	-
Cor	PtCo	380,00	888,00	75	75
Cloretos	mg/L	386,62	676,30	250	350
Nit. Kjeldahl	mg/L	4,84	15,70	-	-
Nit. Org.	mg/L	3,18	7,60	-	-
Nit. Amoniacal	mg/L	0,72	12,90	1,0	50
NO₂ - N	mg/L	0,00	0,00	1,0	-
NO₃ - N	mg/L	10,12	15,50	10	25
Fósforo Total	mg/L	1,34	2,20	0,025	15
Sulfetos	mg/L	0,60	1,60	0,3	-
Sulfatos	mg/L	61,56	104,50	250	1000
Níquel	mg Ni/L	0,03	0,035	0,025	0,2
Cromo	mg Cr/L	0,00	0,00	0,05	0,1
Cádmio	mg Cd/L	0,04	0,04	0,01	0,01
Cobre	mg Cu/L	0,30	0,40	0,5	0,2
Chumbo	mg Pb/L	0,02	0,10	0,05	0,1
Zinco	mg Zn/L	0,04	0,10	5,0	2,0
Ferro	mg Fe/L	0,75	1,40	5,0	5,0

Caracterização do efluente da ETE de uma indústria têxtil, visando possíveis usos
Mestrando Engº Alexandre Marcos F. da C. e Silva

Manganês	mg Mn/L	0,10	0,10	0,5	0,2
Dureza Total	mg/L	34,72	85,30	-	460
Alcalinidade Total	mg CaCO ₃ /L	373,59	805,00	-	-
DBO	mg/L	14,53	29,10	≤ 10	15
DQO	mg/L	89,60	161,50	-	200
Coliformes Fecais	CF/100mL	3,6x10⁴	2,6x10 ⁵	≤ 4000	23
Coliformes Totais	CT/100mL	8,2x10⁴	3,5x10 ⁵	≤ 20000	-
Helminhos	ovos/Litro	0,00	4,00	-	1*

NOTA:

- Os valores em negrito representam os parâmetros que não estão em conformidade com o tipo de reuso segundo as legislações analisadas.

* Helminhos do grupo dos nematóides.

Os valores dos parâmetros: pH, turbidez, sólidos totais, sólidos dissolvidos totais, cor, cloretos, nitrogênio amoniacal, nitratos, fósforo total, sulfetos, níquel, cádmio, cobre, chumbo, DBO, coliformes fecais e totais e helmintos se apresentaram em desconformidade para o uso de águas residuárias em meio urbano não sendo permitido o contato direto com o público. O pH apresentou o valor máximo um pouco acima dos limites recomendados nas legislações. A turbidez apresentou mediana bem abaixo do recomendado pela resolução do CONAMA, mas com valor acima do limite estabelecido pela legislação da Jordânia. O valor máximo dos sólidos totais apresenta-se acima do estabelecido pela Jordânia. Já os sólidos dissolvidos totais apresentam mediana acima do estabelecido pela resolução do CONAMA. A cor e os cloretos possuem as medianas acima dos valores estabelecidos pelas legislações. O valor máximo do nitrogênio amoniacal apresentou-se acima do estabelecido pela resolução do CONAMA. Os

nitratos apresentam mediana em conformidade com a legislação da Jordânia, mas levemente acima dos recomendados pela resolução do CONAMA. O valor da mediana do fósforo total e dos sulfetos apresentam em desconformidade apenas com a resolução do CONAMA. Os valores das medianas dos metais (níquel, cádmio e cobre) apresentam desconformidade às legislações. O chumbo apresentou seu valor máximo superior ao estabelecido na resolução do CONAMA. A DBO possui sua mediana inferior ao estabelecido pela legislação da Jordânia, mas superior ao recomendado pela resolução do CONAMA. Os valores das medianas para coliformes fecais e totais se apresentaram bem superiores aos limites máximos estabelecidos nas legislações. Os helmintos apresentaram apenas um valor máximo acima do recomendado pela legislação da Jordânia.

5.3.2 POSSIBILIDADE PARA O USO AGRÍCOLA

A Tabela 30 apresenta a análise para a utilização das águas residuárias em irrigações de áreas agrícolas de colheitas para consumo humano ingeridas cruas e em árvores frutíferas, conforme os limites estabelecidos nas legislações.

A análise para a utilização das águas residuárias em irrigações de áreas agrícolas, com o uso em colheitas de alimentos processados industrialmente e em colheitas de cereais, segundo os limites recomendados nas legislações, apresenta-se na Tabela 31.

A Tabela 32 apresenta a análise comparativa para o uso de águas residuárias em irrigações de áreas agrícolas, sendo o uso em colheitas de forragens e em pastagens, de acordo com os critérios estabelecidos.

Já na Tabela 33 é apresentada a análise para a utilização dos efluentes tratados em irrigações agrícolas, com o uso restrito a vegetais ingeridos cozinhados, segundo os limites máximos recomendados.

Tabela 30: Análise do possível uso de águas residuárias em irrigações de áreas agrícolas de colheitas para consumo humano ingeridas cruas e em árvores frutíferas, conforme os resultados do efluente tratado da ETE da indústria têxtil COTEMINAS – São Gonçalo do Amarante/RN, 2003.

Parâmetros	Und.	Efluente Tratado da ETE		EPA (EUA)	Jordânia	Alemanha	Califórnia T-22(1978)	OMS (1989)	Israel (1978)	Tunísia (1975)	Chipre (1997)	França (1991)	Itália (1977)
		Mediana	Máximo										
pH	-	8,33	9,20	6-9	6-9	-	-	-	-	6,5-8,5	-	-	-
Temperatura	°C	26,50	29,40	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Condutividade	µS/cm	1787,60	3117,00	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Turbidez	NTU	12,97	28,10	≤ 1	-	-	2	-	-	-	-	-	-
OD	mg/L	4,39	6,10	-	> 2	-	-	-	≥ 0,5	-	-	-	-
Sól. Totais	mg/L	1332,50	2177,00	-	2200	-	-	-	-	-	-	-	-
Sól. Totais Fixos	mg/L	1073,00	1793,00	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Sól. Totais Voláteis	mg/L	275,00	495,00	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Sól. Suspensos Totais	mg/L	19,00	44,00	-	200	-	-	-	15	30	10	-	-

Caracterização do efluente da ETE de uma indústria têxtil, visando possíveis usos
Mestrando Engº Alexandre Marcos F. da C. e Silva

Sól. Dissolvidos Totais	mg/L	1382,00	2163,00	-	2000	-	-	-	-	-	-	-	-
Sól. Decantáveis	ml/L	0,00	1,00	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Cor	PtCo	380,00	888,00	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Cloretos	mg/L	386,62	676,30	-	350	-	-	-	-	-	-	-	-
Nit. Kjeldahl	mg/L	4,84	15,70	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Nit. Org.	mg/L	3,18	7,60	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Nit. Amoniacal	mg/L	0,72	12,90	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
NO₂ - N	mg/L	0,00	0,00	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
NO₃ - N	mg/L	10,12	15,50	-	50	-	-	-	-	-	-	-	-
Fósforo Total	mg/L	1,34	2,20	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Sulfetos	mg/L	0,60	1,60	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Sulfatos	mg/L	61,56	104,50	-	1000	-	-	-	-	-	-	-	-
Níquel	mg Ni/L	0,03	0,035	-	0,2	0,2	-	-	-	-	-	-	-

Caracterização do efluente da ETE de uma indústria têxtil, visando possíveis usos
Mestrando Engº Alexandre Marcos F. da C. e Silva

Cromo	mg Cr/L	0,00	0,00	-	0,1	0,1	-	-	-	-	-	-	-
Cádmio	mg Cd/L	0,04	0,04	-	0,01	0,01	-	-	-	-	-	-	-
Cobre	mg Cu/L	0,30	0,40	-	0,2	0,2	-	-	-	-	-	-	-
Chumbo	mg Pb/L	0,02	0,10	-	5,0	5,0	-	-	-	-	-	-	-
Zinco	mg Zn/L	0,04	0,10	-	2,0	2,0	-	-	-	-	-	-	-
Ferro	mg Fe/L	0,75	1,40	-	5,0	5,0	-	-	-	-	-	-	-
Manganês	mg Mn/L	0,10	0,10	-	0,2	0,2	-	-	-	-	-	-	-
Dureza Total	mg/L	34,72	85,30	-	460	-	-	-	-	-	-	-	-
Alcalinidade Total	mg/L CaCO ₃	373,59	805,00	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
DBO	mg/L	14,53	29,10	≤ 30	150	-	-	-	15	30	10	-	-
DQO	mg/L	89,60	161,50	-	500	-	-	-	-	-	-	-	-

Caracterização do efluente da ETE de uma indústria têxtil, visando possíveis usos
Mestrando Engº Alexandre Marcos F. da C. e Silva

Coliformes Fecais	CF/100 ml	3,6x10⁴	2,6x10 ⁵	0	-	-	-	≤ 1000	-	-	50	1000	-
Coliformes Totais	CT/100 ml	8,2x10⁴	3,5x10 ⁵	-	-	-	≤ 23	-	2,2 (50%)	-	-	-	2
Helmintos	ovos/ Litro	0,00	4,00	-	-	-	-	≤ 1	-	< 1	0	1	-

NOTA:

- Os valores em negrito representam os parâmetros que não estão em conformidade com o tipo de reuso segundo as legislações analisadas.

Segundo a Tabela 30, os valores dos parâmetros: pH, turbidez, sólidos suspensos totais, sólidos dissolvidos totais, cloretos, cádmio, cobre, DBO, coliformes fecais e totais e helmintos se apresentaram em desconformidade para o uso de águas residuárias em irrigações de áreas agrícolas de colheitas para consumo humano ingeridas cruas e em árvores frutíferas. O valor máximo do pH se apresentou um pouco acima dos limites recomendados nas legislações. A turbidez apresentou mediana acima dos limites estabelecidos pela EPA e Califórnia. O valor da mediana dos sólidos suspensos totais apresenta-se nos padrões estabelecidos na Jordânia e Tunísia, mas em desconformidade com os estabelecidos em Israel e em Chipre. Já o valor máximo dos sólidos dissolvidos totais se apresenta acima do recomendado pela Jordânia. Os cloretos possuem a mediana pouco acima do valor estabelecido pela Jordânia. Os valores das medianas dos metais (cádmio e cobre) apresentam-se em desconformidade com as legislações da Jordânia e Alemanha. A DBO possui sua mediana em desconformidade com as legislações de Israel e Chipre, mas em conformidade aos padrões estabelecidos pela EPA, Jordânia e Tunísia. Os valores das medianas para coliformes fecais e totais se apresentaram bem superiores aos limites máximos estabelecidos nas legislações. Os helmintos apresentaram apenas um valor máximo acima dos recomendados pelas legislações.

Tabela 31: Análise do possível uso de águas residuárias em irrigações de áreas agrícolas de colheitas de alimentos processados industrialmente e em colheitas de cereais, conforme os resultados do efluente tratado da ETE da indústria têxtil COTEMINAS – São Gonçalo do Amarante/RN, 2003.

Parâmetro	Und.	Efluente Tratado da ETE		EPA (EUA)	Jordânia	Alemanha	OMS (1989)
		Mediana	Máximo				
pH	-	8,33	9,20	6-9	6-9	-	-
Temperatura	°C	26,50	29,40	-	-	-	-
Condutividade	µS/cm	1787,60	3117,00	-	-	-	-
Turbidez	NTU	12,97	28,10	-	-	-	-
OD	mg/L	4,39	6,10	-	> 2	-	-
Sól. Totais	mg/L	1332,50	2177,00	-	2200	-	-
Sól. Totais Fixos	mg/L	1073,00	1793,00	-	-	-	-
Sól. Totais Voláteis	mg/L	275,00	495,00	-	-	-	-
Sól. Suspensos Totais	mg/L	19,00	44,00	30	200	-	-
Sól. Dissolvidos Totais	mg/L	1382,00	2163,00	-	2000	-	-
Sól. Decantáveis	ml/L	0,00	1,00	-	-	-	-
Cor	PtCo	380,00	888,00	-	-	-	-

Caracterização do efluente da ETE de uma indústria têxtil, visando possíveis usos
Mestrando Engº Alexandre Marcos F. da C. e Silva

Cloretos	mg/L	386,62	676,30	-	350	-	-
Nit. Kjeldahl	mg/L	4,84	15,70	-	-	-	-
Nit. Org.	mg/L	3,18	7,60	-	-	-	-
Nit. Amoniacal	mg/L	0,72	12,90	-	-	-	-
NO₂ - N	mg/L	0,00	0,00	-	-	-	-
NO₃ - N	mg/L	10,12	15,50	-	50	-	-
Fósforo Total	mg/L	1,34	2,20	-	-	-	-
Sulfetos	mg/L	0,60	1,60	-	-	-	-
Sulfatos	mg/L	61,56	104,50	-	1000	-	-
Níquel	mg Ni/L	0,03	0,035	-	0,2	0,2	-
Cromo	mg Cr/L	0,00	0,00	-	0,1	0,1	-
Cádmio	mg Cd/L	0,04	0,04	-	0,01	0,01	-
Cobre	mg Cu/L	0,30	0,40	-	0,2	0,2	-
Chumbo	mg Pb/L	0,02	0,10	-	5,0	5,0	-
Zinco	mg Zn/L	0,04	0,10	-	2,0	2,0	-
Ferro	mg Fe/L	0,75	1,40	-	5,0	5,0	-

Caracterização do efluente da ETE de uma indústria têxtil, visando possíveis usos
Mestrando Engº Alexandre Marcos F. da C. e Silva

Manganês	mg Mn/L	0,10	0,10	-	0,2	0,2	-
Dureza Total	mg/L	34,72	85,30	-	460	-	-
Alcalinidade Total	mg CaCO ₃ /L	373,59	805,00	-	-	-	-
DBO	mg/L	14,53	29,10	≤ 30	150	-	-
DQO	mg/L	89,60	161,50	-	500	-	-
Coliformes Fecais	CF/100mL	3,6x10⁴	2,6x10 ⁵	≤ 200	-	-	-
Coliformes Totais	CT/100mL	8,2x10 ⁴	3,5x10 ⁵	-	-	-	-
Helmintos	ovos/Litro	0,00	4,00	-	-	-	≤ 1

NOTA:

- Os valores em negrito representam os parâmetros que não estão em conformidade com o tipo de reuso segundo as legislações analisadas.

Conforme a Tabela 31, os valores dos parâmetros: pH, sólidos suspensos totais, sólidos dissolvidos totais, cloretos, cádmio, cobre, coliformes fecais e helmintos se apresentaram em desconformidade para o uso de águas residuárias em irrigações de áreas agrícolas de colheitas de alimentos processados industrialmente e em colheitas de cereais. O valor máximo do pH se apresentou pouco acima dos limites recomendados nas legislações. O valor máximo dos sólidos suspensos totais apresenta-se acima do limite recomendado pela EPA e abaixo do estabelecido pela Jordânia. Já o valor máximo dos sólidos dissolvidos totais se apresenta acima do recomendado pela Jordânia. Os cloretos possuem a mediana pouco acima do valor estabelecido pela Jordânia. Os valores das medianas do cádmio e do cobre apresentam desconformidade com as legislações da Jordânia e Alemanha. O valor da mediana dos coliformes fecais se apresentou acima do limite máximo estabelecido pela EPA. O valor máximo dos helmintos apresenta-se acima do limite recomendado pela OMS.

Tabela 32: Análise do possível uso de águas residuárias em irrigações de áreas agrícolas de colheitas de forragens e em pastagens, conforme os resultados do efluente tratado da ETE da indústria têxtil COTEMINAS – São Gonçalo do Amarante/RN, 2003.

Parâmetro	Und.	Efluente Tratado da ETE		EPA (EUA)	Jordânia	Alemanha	OMS (1989)
		Mediana	Máximo				
pH	-	8,33	9,20	6-9	6-9	-	-
Temperatura	°C	26,50	29,40	-	-	-	-
Condutividade	µS/cm	1787,60	3117,00	-	-	-	-
Turbidez	NTU	12,97	28,10	-	-	-	-
OD	mg/L	4,39	6,10	-	> 2	-	-
Sól. Totais	mg/L	1332,50	2177,00	-	2250	-	-
Sól. Totais Fixos	mg/L	1073,00	1793,00	-	-	-	-
Sól. Totais Voláteis	mg/L	275,00	495,00	-	-	-	-
Sól. Suspensos Totais	mg/L	19,00	44,00	30	250	-	-
Sól. Dissolvidos Totais	mg/L	1382,00	2163,00	-	2000	-	-
Sól. Decantáveis	ml/L	0,00	1,00	-	-	-	-
Cor	PtCo	380,00	888,00	-	-	-	-

Caracterização do efluente da ETE de uma indústria têxtil, visando possíveis usos
Mestrando Engº Alexandre Marcos F. da C. e Silva

Cloretos	mg/L	386,62	676,30	-	350	-	-
Nit. Kjeldahl	mg/L	4,84	15,70	-	-	-	-
Nit. Org.	mg/L	3,18	7,60	-	-	-	-
Nit. Amoniacal	mg/L	0,72	12,90	-	-	-	-
NO₂ - N	mg/L	0,00	0,00	-	-	-	-
NO₃ - N	mg/L	10,12	15,50	-	50	-	-
Fósforo Total	mg/L	1,34	2,20	-	-	-	-
Sulfetos	mg/L	0,60	1,60	-	-	-	-
Sulfatos	mg/L	61,56	104,50	-	1000	-	-
Níquel	mg Ni/L	0,03	0,035	-	0,2	0,2	-
Cromo	mg Cr/L	0,00	0,00	-	0,1	0,1	-
Cádmio	mg Cd/L	0,04	0,04	-	0,01	0,01	-
Cobre	mg Cu/L	0,30	0,40	-	0,2	0,2	-
Chumbo	mg Pb/L	0,02	0,10	-	5,0	5,0	-
Zinco	mg Zn/L	0,04	0,10	-	2,0	2,0	-
Ferro	mg Fe/L	0,75	1,40	-	5,0	5,0	-

Caracterização do efluente da ETE de uma indústria têxtil, visando possíveis usos
Mestrando Engº Alexandre Marcos F. da C. e Silva

Manganês	mg Mn/L	0,10	0,10	-	0,2	0,2	-
Dureza Total	mg/L	34,72	85,30	-	460	-	-
Alcalinidade Total	mg CaCO ₃ /L	373,59	805,00	-	-	-	-
DBO	mg/L	14,53	29,10	≤ 30	250	-	-
DQO	mg/L	89,60	161,50	-	700	-	-
Coliformes Fecais	CF/100mL	3,6x10⁴	2,6x10 ⁵	≤ 200	-	-	-
Coliformes Totais	CT/100mL	8,2x10 ⁴	3,5x10 ⁵	-	-	-	-
Helmintos	ovos/Litro	0,00	4,00	-	< 1*	-	≤ 1

NOTA:

- Os valores em negrito representam os parâmetros que não estão em conformidade com o tipo de reuso segundo as legislações analisadas.

* Helmintos do grupo dos nematóides.

De acordo a Tabela 32, os valores dos parâmetros: pH, sólidos suspensos totais, sólidos dissolvidos totais, cloretos, cádmio, cobre, coliformes fecais e helmintos apresentaram algum tipo de desconformidade para o uso de águas residuárias em irrigações de áreas agrícolas de colheitas de forragens e em pastagens. O valor máximo do pH se apresentou pouco acima dos limites recomendados nas legislações. O valor máximo dos sólidos suspensos totais apresenta-se acima do limite recomendado pela EPA e abaixo do estabelecido pela Jordânia. Já o valor máximo dos sólidos dissolvidos totais se apresenta acima do recomendado pela Jordânia. Os cloretos possuem a mediana pouco acima do limite recomendado pela Jordânia. Os valores das medianas do cádmio e do cobre apresentam desconformidade com as legislações da Jordânia e Alemanha. O valor da mediana dos coliformes fecais se apresentou acima do limite máximo estabelecido pela EPA. O valor máximo dos helmintos apresenta-se acima do limite recomendado pela Jordânia e OMS.

Tabela 33: Análise do possível uso de águas residuárias em irrigações de áreas agrícolas de vegetais ingeridos cozidos, conforme os resultados do efluente tratado da ETE da indústria têxtil COTEMINAS – São Gonçalo do Amarante/RN, 2003.

Parâmetro	Und.	Efluente Tratado da ETE		Jordânia	Alemanha
		Mediana	Máximo		
pH	-	8,33	9,20	6 - 9	-
Temperatura	°C	26,50	29,40	-	-
Condutividade	µS/cm	1787,60	3117,00	-	-
Turbidez	NTU	12,97	28,10	-	-
OD	mg/L	4,39	6,10	> 2	-
Sól. Totais	mg/L	1332,50	2177,00	2200	-

Caracterização do efluente da ETE de uma indústria têxtil, visando possíveis usos
Mestrando Engº Alexandre Marcos F. da C. e Silva

Sól. Totais Fixos	mg/L	1073,00	1793,00	-	-
Sól. Totais Voláteis	mg/L	275,00	495,00	-	-
Sól. Suspensos Totais	mg/L	19,00	44,00	200	-
Sól. Dissolvidos Totais	mg/L	1382,00	2163,00	2000	-
Sól. Decantáveis	ml/L	0,00	1,00	-	-
Cor	PtCo	380,00	888,00	-	-
Cloretos	mg/L	386,62	676,30	350	-
Nit. Kjeldahl	mg/L	4,84	15,70	-	-
Nit. Org.	mg/L	3,18	7,60	-	-
Nit. Amoniacal	mg/L	0,72	12,90	-	-
NO₂ - N	mg/L	0,00	0,00	-	-
NO₃ - N	mg/L	10,12	15,50	50	-
Fósforo Total	mg/L	1,34	2,20	-	-
Sulfetos	mg/L	0,60	1,60	-	-
Sulfatos	mg/L	61,56	104,50	1000	-
Níquel	mg Ni/L	0,03	0,035	0,2	0,2
Cromo	mg Cr/L	0,00	0,00	0,1	0,1
Cádmio	mg Cd/L	0,04	0,04	0,01	0,01
Cobre	mg Cu/L	0,30	0,40	0,2	0,2
Chumbo	mg Pb/L	0,02	0,10	5,0	5,0
Zinco	mg Zn/L	0,04	0,10	2,0	2,0
Ferro	mg Fe/L	0,75	1,40	5,0	5,0
Manganês	mg Mn/L	0,10	0,10	0,2	0,2
Dureza Total	mg/L	34,72	85,30	460	-

Alcalinidade Total	mg CaCO ₃ /L	373,59	805,00	-	-
DBO	mg/L	14,53	29,10	150	-
DQO	mg/L	89,60	161,50	500	-
Coliformes Fecais	CF/100mL	3,6x10⁴	2,6x10 ⁵	1000	-
Coliformes Totais	CT/100mL	8,2x10 ⁴	3,5x10 ⁵	-	-
Helmintos	ovos/Litro	0,00	4,00	< 1*	-

NOTA:

- Os valores em negrito representam os parâmetros que não estão em conformidade com o tipo de reuso segundo as legislações analisadas.

* Helmintos do grupo dos nematóides.

A tabela acima apresenta os valores dos parâmetros: pH, sólidos dissolvidos totais, cloretos, cádmio, cobre, coliformes fecais e helmintos apresentaram algum tipo de desconformidade para o uso de águas residuárias em irrigações de áreas agrícolas de vegetais ingeridos cozidos. O valor máximo do pH se apresentou pouco acima do limite estabelecido pela Jordânia. O valor máximo dos sólidos dissolvidos totais se apresenta acima do recomendado pela Jordânia. Os cloretos possuem a mediana acima do limite máximo estabelecido pela Jordânia. Os valores das medianas do cádmio e do cobre apresentam desconformidade com as legislações da Jordânia e Alemanha. O valor da mediana dos coliformes fecais se apresentou acima do limite máximo estabelecido pela Jordânia. O valor máximo dos helmintos apresenta-se acima do limite recomendado pela Jordânia.

5.3.3 POSSIBILIDADE PARA O USO INDUSTRIAL

A Tabela 34 apresenta a análise para a utilização das águas residuárias no setor industrial em sistemas de refrigeração, conforme os limites máximos recomendados.

Tabela 34: Análise do uso de águas residuárias no setor industrial em sistemas de refrigeração, conforme os resultados do efluente tratado da ETE da indústria têxtil COTEMINAS – São Gonçalo do Amarante/RN, 2003.

Parâmetro	Und.	Efluente Tratado da ETE		Limites recomendados (WPCF apud Martins, 1997)
		Mediana	Máximo	
pH	-	8,33	9,20	6,9 – 9
Temperatura	°C	26,50	29,40	-
Condutividade	µS/cm	1787,60	3117,00	-
Turbidez	NTU	12,97	28,10	50
OD	mg/L	4,39	6,10	-
Sól. Totais	mg/L	1332,50	2177,00	600
Sól. Totais Fixos	mg/L	1073,00	1793,00	-
Sól. Totais Voláteis	mg/L	275,00	495,00	-
Sól. Suspensos Totais	mg/L	19,00	44,00	100
Sól. Dissolvidos Totais	mg/L	1382,00	2163,00	500
Sól. Decantáveis	ml/L	0,00	1,00	-
Cor	PtCo	380,00	888,00	-
Cloretos	mg/L	386,62	676,30	500
Nit. Kjeldahl	mg/L	4,84	15,70	-
Nit. Org.	mg/L	3,18	7,60	-
Nit. Amoniacal	mg/L	0,72	12,90	1,0
NO ₂ - N	mg/L	0,00	0,00	-

Caracterização do efluente da ETE de uma indústria têxtil, visando possíveis usos
Mestrando Engº Alexandre Marcos F. da C. e Silva

NO₃ - N	mg/L	10,12	15,50	-
Fósforo Total	mg/L	1,34	2,20	4,0
Sulfetos	mg/L	0,60	1,60	-
Sulfatos	mg/L	61,56	104,50	200
Níquel	mg Ni/L	0,03	0,035	-
Cromo	mg Cr/L	0,00	0,00	-
Cádmio	mg Cd/L	0,04	0,04	-
Cobre	mg Cu/L	0,30	0,40	-
Chumbo	mg Pb/L	0,02	0,10	-
Zinco	mg Zn/L	0,04	0,10	-
Ferro	mg Fe/L	0,75	1,40	0,5
Manganês	mg Mn/L	0,10	0,10	0,5
Dureza Total	mg/L	34,72	85,30	650
Alcalinidade Total	mg CaCO ₃ /L	373,59	805,00	350
DBO	mg/L	14,53	29,10	25
DQO	mg/L	89,60	161,50	75
Coliformes Fecais	CF/100mL	3,6x10 ⁴	2,6x10 ⁵	-
Coliformes Totais	CT/100mL	8,2x10 ⁴	3,5x10 ⁵	-
Helminhos	ovos/Litro	0,00	4,00	-

NOTA:

- Os valores em negrito representam os parâmetros que não estão em conformidade com o tipo de reuso segundo as legislações analisadas.

Os valores dos parâmetros: pH, sólidos totais, sólidos dissolvidos totais, cloretos, nitrogênio amoniacal, ferro, alcalinidade total, DBO e DQO apresentaram algum tipo de desconformidade para o uso de águas residuárias no setor industrial em sistemas de refrigeração. O valor máximo do pH se apresentou pouco acima do limite recomendado. Os valores das medianas dos sólidos totais e sólidos dissolvidos totais apresentam-se acima do limite recomendado. Os cloretos possuem o valor máximo acima do limite estabelecido. O valor máximo do nitrogênio amoniacal apresentou-se bem acima do limite máximo estabelecido. Os valores das medianas do ferro e da alcalinidade total apresentam-se pouco acima dos limites recomendados. O valor máximo da DBO apresenta-se levemente acima do estabelecido. Já a DQO possui mediana em desconformidade com o limite máximo recomendado.

5.3.4 POSSIBILIDADE PARA O USO EM RECARGA DE AQUÍFEROS E OUTROS

A Tabela 35 apresenta a análise para a utilização das águas residuárias para a recarga artificial de aquíferos e outros usos, de acordo com os limites máximos recomendados na norma da Jordânia.

Tabela 35: Análise do uso de águas residuárias para a recarga artificial de aquíferos e outros usos, conforme os resultados do efluente tratado e os critérios estabelecidos pela Jordânia da ETE da indústria têxtil COTEMINAS – São Gonçalo do Amarante/RN, 2003.

Parâmetro	Und.	Efluente Tratado da ETE		Áreas Represadas	Recargas Artificiais	Atividade Pesqueira
		Mediana	Máximo			
pH	-	8,33	9,20	6 - 9	6 - 9	6 - 9
Temperatura	°C	26,50	29,40	-	-	-
Condutividade	µS/cm	1787,60	3117,00	-	-	-

Turbidez	NTU	12,97	28,10	-	-	-
OD	mg/L	4,39	6,10	> 2	> 2	> 5
Sól. Totais	mg/L	1332,50	2177,00	2050	1550	2025
Sól. Totais Fixos	mg/L	1073,00	1793,00	-	-	-
Sól. Totais Voláteis	mg/L	275,00	495,00	-	-	-
Sól. Suspensos Totais	mg/L	19,00	44,00	50	50	25
Sól. Dissolvidos Totais	mg/L	1382,00	2163,00	2000	1500	2000
Sól. Decantáveis	ml/L	0,00	1,00	-	-	-
Cor	PtCo	380,00	888,00	75	75	-
Cloretos	mg/L	386,62	676,30	350	350	-
Nit. Kjeldahl	mg/L	4,84	15,70	-	-	-
Nit. Org.	mg/L	3,18	7,60	-	-	-
Nit. Amoniacal	mg/L	0,72	12,90	15	15	0,5
NO₂ - N	mg/L	0,00	0,00	-	-	-
NO₃ - N	mg/L	10,12	15,50	25	25	-
Fósforo Total	mg/L	1,34	2,20	15	15	-
Sulfetos	mg/L	0,60	1,60	-	-	-
Sulfatos	mg/L	61,56	104,50	1000	1000	-
Níquel	mg Ni/L	0,03	0,035	0,2	0,2	0,4
Cromo	mg Cr/L	0,00	0,00	0,05	0,05	0,1
Cádmio	mg Cd/L	0,04	0,04	0,01	0,01	0,015
Cobre	mg Cu/L	0,30	0,40	0,2	0,2	0,04
Chumbo	mg Pb/L	0,02	0,10	0,1	0,1	0,15
Zinco	mg Zn/L	0,04	0,10	15	15	0,6

Ferro	mg Fe/L	0,75	1,40	2,0	1,0	0,5
Manganês	mg Mn/L	0,10	0,10	0,2	0,2	1,0
Dureza Total	mg/L	34,72	85,30	460	460	-
Alcalinidade Total	mg CaCO ₃ /L	373,59	805,00	-	-	-
DBO	mg/L	14,53	29,10	50	50	-
DQO	mg/L	89,60	161,50	200	200	-
Coliformes Fecais	CF/100mL	3,6x10⁴	2,6x10 ⁵	1000	1000	1000
Coliformes Totais	CT/100mL	8,2x10 ⁴	3,5x10 ⁵	-	-	-
Helmintos	ovos/Litro	0,00	4,00	< 1*	-	-

NOTA:

- Os valores em negrito representam os parâmetros que não estão em conformidade com o tipo de reuso segundo as legislações analisadas.

* Helmitos do grupo dos nematóides.

A análise da tabela anterior apresentou os valores dos parâmetros: pH, oxigênio dissolvido, sólidos totais, sólidos suspensos totais, sólidos dissolvidos totais, cor, cloretos, nitrogênio amoniacal, cádmio, cobre, ferro, coliformes fecais e helmintos com algum tipo de desconformidade para o uso de águas residuárias para a recarga artificial de aquíferos e outros usos, conforme os critérios da Jordânia. O valor máximo do pH apresentou leve desconformidade com os limites recomendados para áreas represadas, recarga artificial e atividade pesqueira. O valor da mediana do oxigênio dissolvido apresentou-se acima do limite recomendado para a atividade pesqueira. Os valores máximos dos sólidos totais e sólidos dissolvidos totais apresentam-se acima dos limites recomendados para as três situações de reuso. Já o valor máximo de sólidos suspensos totais apresentou desconformidade apenas com o reuso

em atividade pesqueira. Os valores medianos da cor e dos cloretos apresentam-se acima dos limites estabelecidos para o reuso em áreas represadas e em recarga de aquíferos. O valor mediano do nitrogênio amoniacal apresentou-se acima do limite máximo estabelecido para o uso em atividade pesqueira. Os valores medianos dos metais pesados (cádmio e cobre) apresentam-se acima dos limites estabelecidos para o uso em áreas represadas, recarga artificial de aquíferos e atividade pesqueira. O valor da mediana do ferro apresenta-se em desconformidade com limite recomendado para o uso na atividade pesqueira; já o valor máximo do ferro se apresenta desconforme para o uso em recarga de aquífero. O valor mediano dos coliformes fecais apresenta-se bem acima do estabelecido para as três formas de uso. Para os helmintos, apenas o seu valor máximo encontra-se desconforme para o uso em áreas represadas.

CAPÍTULO 6

CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES

6 CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES

Com base nos resultados obtidos durante o período de coletas e as análises do possível uso de águas residuárias, pode-se concluir que:

- a) De acordo com as coletas realizadas em amostras do efluente do sistema de tratamentos de esgotos da indústria, do tipo lodos ativados, os parâmetros físico-químicos e biológicos no sistema apresentam-se com valores adequados, com grandes reduções de DBO, DQO, turbidez e SST; porém, observaram-se altas concentrações de coliformes fecais e totais, SDT, condutividade, cloretos, nitratos e cor.
- b) De uma maneira geral, os principais parâmetros, apresentados e analisados com base nas legislações em estudo, que não estão em conformidade com o uso de águas residuárias tratadas são: sólidos totais, sólidos dissolvidos totais, cor, cloretos, nitratos, sulfetos, cádmio, cobre, ferro, alcalinidade total e coliformes fecais e totais.
- c) O uso de águas residuárias em meio urbano, com a possibilidade de contato direto com o público, não é possível, por apresentar alguns parâmetros com concentrações medianas acima dos limites recomendados nas legislações da Jordânia, do México e na resolução do CONAMA, como: turbidez, OD, sólidos dissolvidos totais, cor, cloretos, nitrato, fósforo total, sulfetos, níquel, cádmio, cobre, ferro, DBO e coliformes fecais e totais. Já outros parâmetros tiveram apenas as concentrações máximas com valores acima dos recomendados nas mesmas legislações: pH, sólidos totais, chumbo e helmintos. Porém, todos esses parâmetros que tiveram seus pontos de máximo não conforme com o reuso, não apresentam grandes frequências a estes valores, conforme as assimetrias visualizadas nos gráficos do tipo “Box & Whisker”.

- d) O uso de águas residuárias em meio urbano, sendo vetado o contato com o público, não é permitido por apresentar parâmetros com concentrações medianas acima dos limites recomendados nas legislações da Jordânia e na resolução do CONAMA, tais como: turbidez, sólidos dissolvidos totais, cor, cloretos, nitrato, fósforo total, sulfetos, níquel, cádmio, cobre, DBO e coliformes fecais e totais. Já os parâmetros que apresentaram apenas as concentrações máximas acima dos recomendados nas mesmas legislações: pH, sólidos totais, nitrogênio amoniacal, chumbo e helmintos, também, estão em desconformidade com o uso; contudo, estes parâmetros não apresentam grandes frequências a estas concentrações máximas, conforme as assimetrias visualizadas nos gráficos do tipo “Box & Whisker”.
- e) Segundo as normas analisadas para o uso de águas residuárias na irrigação de colheitas ingeridas cruas e de árvores frutíferas, os parâmetros de turbidez, sólidos suspensos totais, cloretos, cádmio, cobre, DBO, coliformes fecais e totais tiveram os valores das medianas acima dos recomendados, como também, os valores máximos dos parâmetros: pH, SDT e helmintos não se apresentam em conformidade; contudo, estes resultados não são frequentes, como pode ser verificado pelas assimetrias existentes nos referidos gráficos “Box & Whisker”.
- f) O uso de efluentes tratados na agricultura de colheitas de alimentos processados industrialmente e de cereais, assim como, na irrigação agrícola de colheitas de forragens e em pastagens, conforme os limites estabelecidos nas legislações da Jordânia, Alemanha, pela OMS e EPA (EUA), não é possível, por apresentarem os parâmetros: cloretos, cádmio, cobre e coliformes fecais com concentrações medianas acima dos recomendados. Os valores máximos de pH, SST, SDT e helmintos, também, se apresentaram acima dos limites máximos permissíveis; entretanto, como visto nos

referidos gráficos “Box & Whisker”, estes valores não são freqüentes, devido a distribuição assimétrica dos resultados.

- g) A utilização de águas residuárias tratadas na irrigação de vegetais ingeridos cozidos apresenta a mesma situação da anterior com relação à restrição de uso, segundo as legislações estudadas, sendo a exceção o valor máximo obtido para os sólidos suspensos totais, que foi inferior aos limites máximos permitidos.
- h) Para o uso no setor industrial, foi analisada a possibilidade do uso dos efluentes tratados nos sistemas de refrigeração, por se tratar de uma das etapas que não necessitam de água com qualidade muito alta e por utilizarem volumes consideráveis. Os parâmetros que não apresentaram suas medianas em conformidade com os valores estabelecidos foram: sólidos totais, sólidos dissolvidos totais, ferro, alcalinidade total e DQO. Já aqueles que tiveram os valores máximos também acima foram: pH, cloretos, nitrogênio amoniacal e DBO; porém, estes resultados são menos freqüentes, como pode ser visualizado nos gráficos do tipo “Box & Whisker”.
- i) O uso de águas residuárias em recarga de aquífero e em áreas represadas não é possível porque alguns parâmetros analisados do efluente tratado apresentam valores medianos acima dos estabelecidos na legislação da Jordânia, tais como: cor, cloretos, cádmio, cobre e coliformes fecais. Já os parâmetros que apresentam seus valores máximos acima dos limites estabelecidos, porém não tão freqüentes devido às assimetrias dos resultados, observadas nos gráficos “Box & Whisker”, são: pH, sólidos totais, sólidos dissolvidos totais, ferro (para recarga de aquíferos) e helmintos (para áreas represadas).
- j) O uso de águas residuárias para a prática de pesca não é possível, segundo os limites máximos estabelecidos na legislação da Jordânia, por apresentar alguns dos resultados do

efluente tratado com medianas em desconformidade aos recomendados, como: oxigênio dissolvido, nitrogênio amoniacal, cádmio, cobre, ferro e coliformes fecais. Os valores máximos dos parâmetros: pH, sólidos totais, SST e SDT, também, não estão em conformidade com o presente tipo de uso. Contudo, como visto na assimetria dos gráficos “Box & Whisker”, estes valores são menos freqüentes.

Portanto, de acordo com as conclusões apresentadas acima, torna-se de fundamental importância a execução de um sistema de pós-tratamento, tais como: osmose reversa, filtração, ozônio, adsorção (carvão ativado), etc, com o objetivo de reduzir as concentrações dos parâmetros que ultrapassam os limites máximos permitidos (item 6.b), viabilizando assim a utilização das águas residuárias tratadas da indústria têxtil. Sugere-se que o efluente da ETE seja usado em sistemas de refrigeração e em irrigações de áreas verdes da própria empresa, por se entender que são as melhores formas de aproveitamento do mesmo.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

APHA-AWWA-WPCF. *Metodos Normalizados para el Analisis de Aguas Potables y Residuales*. Madrid: Ed. Diaz de Santos, 1992.

ARAÚJO, Mário; CASTRO, Ernesto Manuel de Melo. *Manual de Engenharia Têxtil*. Lisboa: Fundação Calouste Gulbenkian, 1986. v. 1.

ARAÚJO, Mário; CASTRO, Ernesto Manuel de Melo. *Manual de Engenharia Têxtil*. Lisboa: Fundação Calouste Gulbenkian, 1987. v. 2.

BALAN, Doralice S. Luro. Biodegradação e toxicidade de efluentes têxteis. In: CONGRESSO NACIONAL DE TÉCNICOS TÊXTEIS, 17. - 5ª Fenatextil, 1996. *Anais ...*, 1996.

BARBIERI, José Carlos. *Desenvolvimento e Meio Ambiente: As estratégias de mudança da Agenda 21*. 3. ed. Petrópolis,RJ: Vozes, 1997.

BORTONE, Giuseppe; PINESCHI, Giorgio (2000). *Reuse of urban waste water: The technology and treatments for agronomic or irrigation purposes*. Bologna: ENEA, 2000. Disponível em: <www.utn.it/eventi/SaveFile%5CAllallegato51.PDF>. Acesso em: 15 jan. 2004.

BRITO, Luiz Pereira de. *Investigación sobre reutilización de aguas residuales para fines urbanos (recreativos y limpieza viaria), com vistas a justificar una propuesta de normativa*. Tese (Obtenção do título de Doutor) - Universidad Politécnica de Madrid. Escuela Técnica Superior Ingenieros de Caminos, Canales y Puertos, 1997.

CUENCA, Manuel Alvarez; ARDILA, Henry Maury; MOSQUERA, Diana. *EL IMPACTO AMBIENTAL de la Pequeña y Mediana Empresa en los Recursos Hídricos de COLOMBIA*. 2001. Disponível em: <www.agualatinoamerica.com/docs/PDF/Colombia_091001.pdf>. Acesso em: 29 jan. 2004,

ETSCHMANN, Dan. Water use and wastewater reuse in industry and agriculture in chile. *Technology Ressource Management & Development - Scientific Contributions for Sustainable Development*, v. 2, 2000. Disponível em: <www.tt.fh-koeln.de/publications/ittpub301202_7.pdf> Acesso em: 15 jan. 2004.

FREITAS, K. R.; SOUZA, S. M. A. Guelli U.; SOUZA, A. A. Ulson. Caracterização e Reaproveitamento de Efluentes na Indústria Têxtil. In: Congresso Brasileiro de Engenharia Química – COBEQ 2002, 14., 2002. *Anais ...*, 2002.

GARAGNANI, Celso. *Uso da água na indústria: uma experiência com um novo sistema de gestão*. 1999. Disponível em: <www.riob.org/relob/relob_bcubatao.htm>. Acesso em: 16/01/2004.

GUIMARÃES, Cristina. *Brasil desperdiça 40% da água destinada ao consumo humano*. 2004. Disponível em: <www.cosmo.com.br/economia/2004/02/23/materia_eco_76238.shtm>. Acesso em: 16 jan. 2004.

HESPANHOL, Ivanildo. *Potencial de reuso de água no Brasil - agricultura, indústria, municípios, recarga de aquíferos*. 2002. Disponível em: <www.aguabolivia.org/situacionaguaX/IIIEncAguas/contenido/trabajos_verde/TC-158.htm>. Acesso em: 10 fev. 2004.

JACOBI, Pedro. *A água na terra está se esgotando? É verdade que no futuro próximo teremos uma guerra pela água?*. 2000. Disponível em: <www.geologo.com.br/aguahisteria.asp>. Acesso em: 10 mar. 2004.

MINISTÉRIO DE ÁGUA E IRRIGAÇÃO DA JORDÂNIA. *Standards, Regulations & Legislation for Water Reuse in Jordan*. Jordânia: USAID/ARD, 2001. Disponível em: <www.dec.org/pdf_docs/PNACP575.pdf>. Acesso em: 10 mar. 2004.

KRETSCHMER, Nicole; RIBBE, Lars; GAESE, Hartmut. Wastewater reuse for agriculture. *Technology Ressource Management & Development - Scientific Contributions for Sustainable Developmen*, v. 2., 2003. Disponível em: <www.tt.fh-koeln.de/publications/ittpub301202_4.pdf>. Acesso em: 16 jan. 2004.

MARTINS, Geruza Beatriz Henriques. *Práticas limpas aplicadas às Indústrias Têxteis de Santa Catarina*. Dissertação (Obtenção do título de Mestre em Engenharia de Produção) - Universidade Federal de Santa Catarina, 1997.

MEDEIROS, Marcos Eugênio C. *Perfil Ambiental das Indústrias Têxteis do Rio Grande do Norte*. Dissertação (Obtenção do título de Mestre em Engenharia Mecânica) - Universidade Federal do Rio Grande do Norte, 2000.

METCALF & EDDY. *Ingenieria de Aguas Residuales: Tratamiento, Vertido y Reutilización*. 3. ed. Madrid: MCGRAW – HILL, 1995.

MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE. *Resolução do CONAMA N° 20*, 1986.

MONTEIRO FILHA, Dulce Corrêa; CORRÊA, Abidack. *O Complexo Têxtil*. 2003. Disponível em: <www.bndes.gov.br/conhecimento/livro_setorial/setorial11.pdf>. Acesso em: 20 fev. 2004.

MORENO, Guillermo Heras. Particularidades econômicas del agua en España. In: CONFERENCIA INTERNACIONAL DEL SEMINARIO PERMANENTE, 6., 2000. *Anais ...*, 2000.

NUNES, José Alves. *Tratamento Físico-Químico de Águas Residuárias Industriais*. 2. ed. rev. comp. Aracajú: Gráfica Editora J. Andrade, 1996.

OLIVEIRA, Maria Helena de. *Análise conjuntural do setor têxtil*. 1995. Disponível em: <www.bndes.gov.br/conhecimento/setorial/g2_tx08.pdf>. Acesso em: 19 fev. 2004.

PEASEY, Anne; BLUMENTHAL, Ursula; MARA, Duncan; PALACIOS, Guillermo Ruiz. *A Review of Policy and Standards for Wastewater Reuse in Agriculture: A Latin American Perspective*. London, UK: Loughborough University, 2000. Disponível em: <www.lboro.ac.uk/well/>. Acesso em: 19 jan. 2004.

PERES, C. S.; ABRAHÃO, A. J. *Características e sistemas de tratamento de águas residuais das indústrias têxteis*: Uma primeira abordagem. 1998.

PETERS, R. H. *Textile Chemistr.*: Impurities in fibres; purification of fibres. v. 2. London, UK: Elsevier Publishing Company, 1967.

PESSÔA, Constantino Arruda; JORDÃO, Eduardo Pacheco. *Tratamento de esgotos domésticos*. 2. ed. Rio de Janeiro: ABES, 1982. v.1.

RODRIGUES, Ednilson Caetano. *Controle de qualidade em química têxtil*: Métodos Práticos. Rio de Janeiro: CNI/SENAI/CETIQT, 1997.

SALGOT, Miquel; PASCUAL, Alba. *La utilització d'aigües reciclades en jardineiria*. In: CONGRÉS DE L'APEVC, 8, 2002. *Anais ...*, 2002. Disponível em: <www.apecv.org>. Acesso em: 19 jan. 2004.

SCOTT, Christopher A.; ZARAZÚA, J. Antonio; LEVINE, Gilbert. *Urban-Wastewater Reuse for Crop Production in the Water-Short Guanajuato River Basin*. México: International Water Management Institute, 2001. Disponível em: <www.iwmi.org>. Acesso em: 20 jan. 2004.

SPERLING, Marcos Von. *Introdução à qualidade das águas e ao tratamento de esgotos, princípios do tratamento biológico de águas residuárias*. v. 1. 2. ed. rev. Belo Horizonte: DESA/ UFMG, 1996.

SPERLING, Marcos Von. *Lodos ativados: Princípios do tratamento biológico de águas residuárias*. Belo Horizonte/MG. v. 4. Belo Horizonte: DESA/ UFMG, 1997.

TROTMAN, E. R. *Dyeing and Chemical Technology of Textile Fibres*. London , UK: Charles Griffin & Company Ltd, 1975.

VOLTERRA, Laura. *The reuse of urban waste water in agriculture: health related*

questions. In: Workshop. Bologna, 2000. Disponível em: <<http://www.utn.it/eventi/SaveFile%5Callallegato39.PDF>>. Acesso em: 13 jan. 2004.

COMPANHIA DE ÁGUAS E ESGOTOS DO RIO GRANDE DO NORTE. Disponível em: <www.caern.com.br/tabeladetarifas.asp>. Acesso em: 30 mai. 2004.

www.cehcom.univali.br/educado/dossie_agua_esgoto.doc, site visitado em: 20/03/2004.

www.modavip.com.br/HisIndTextil.htm#1, site visitado em: 10/02/2004.

www.valoronline.com.br/setoriais/pdfs/textil_cap_02_free.pdf, site visitado em: 10/02/2004.

ZANONE, Carlo; TORRES, Jane Zanone. *Tratamento de águas para abastecimentos de caldeiras nas indústrias têxteis*. [s.e]: Drako Química Ltda. 1997.

ANEXOS

ANEXO 1

Tabela 1: Alguns limites apropriados para a qualidade da água utilizada na indústria têxtil

Sílica (p.p.m.)	0,5 – 3,0
Dureza Total (p.p.m. CaCO_3)	0,0 – 25,0
Ferro (p.p.m. como Fe)	0,02 – 0,1
Manganês (p.p.m. como Mn)	0,02
Alcalinidade por Metil Orange (p.p.m. como CaCO_3)	35,0 – 64,0
Sólidos Totais Dissolvidos (p.p.m.)	65,0 – 150,0

Fonte: R. H. Peters (1967).

ANEXO 2

Tabela 2: Características das águas residuárias de algumas indústrias

Gênero	Tipo	Unidade de produção	Consumo específico de água (m³/und)	Carga específica de DBO (Kg/und)	Equiv. Popul. de DBO (hab/und)	Concentração de DBO (mg/L)	Carga esp. de SS (Kg/und)	Carga esp. de SDT (Kg/und)
Alimentícia	Conservas (frutas/legumes)	1 ton	4 – 50	30	500	600 – 7.500	-	-
	Doces	1 ton	5 – 25	2 – 8	40 – 150	200 – 1.000	-	-
	Açúcar de cana	1 ton açúcar	0,5 – 10,0	2,5	50	250 – 5.000	4	-
	Laticínio sem queijaria	1000 L leite	1 – 10	1 – 4	20 – 70	300 – 2.500	20 – 250	-
	Laticínio com queijaria	1000 L leite	2 – 10	5 – 40	90 – 700	500 – 4.000	300 – 400	-
	Margarina	1 ton	20	30	500	1.500	-	-
	Matadouros	1 boi/2,5 porcos	0,3 – 0,4	4 – 10	70 – 200	15.000 – 20.000	5	-

Caracterização do efluente da ETE de uma indústria têxtil, visando possíveis usos
Mestrando Engº Alexandre Marcos F. da C. e Silva

	Produção de levedura	1 ton	150	1100	21.000	7.500	19	2.250
Bebidas	Destilação de álcool	1 ton	60	220	4.000	3.500	260	400
	Cervejaria	1 m ³	5 – 20	8 – 20	150 – 350	500 – 4.000	1.400	-
	Refrigerantes	1 m ³	2 – 5	3 – 6	50 – 100	600 – 2.000	-	-
	Vinho	1 m ³	5	0,25	5	-	-	-
Têxtil	Algodão	1 ton	120 – 750	150	2.800	200 – 1.500	70	200
	Lã	1 ton	500 – 600	300	5.600	500 – 600	200	480
	Ráion	1 ton	25 – 60	30	550	500 – 1.200	55	100
	Náilon	1 ton	100 – 150	45	800	350	30	100
	Poliéster	1 ton	60 - 130	185	3.700	1.500 – 3.000	100	150
	Lavanderia de lã	1 ton	20 – 70	100 – 250	2.000 – 4.500	2.000 – 5.000	-	-
	Tinturaria	1 ton	20 – 60	100 – 200	2.000 – 3.500	2.000 – 5.000	-	-
	Alvejamento de tecidos	1 ton	-	16	250 - 350	250 - 300	-	-
Couro e curtume	Curture	1 ton pele	20 – 40	20 – 150	1.000 – 3.500	1.000 – 4.000	220 – 300	350 – 400
	Sapatos	1000 pares	5	15	300	3.000	-	-

Caracterização do efluente da ETE de uma indústria têxtil, visando possíveis usos
Mestrando Engº Alexandre Marcos F. da C. e Silva

Polpa e papel	Fabric. de polpa sulfatada	1 ton	15 – 200	30	600	300	18	170
	Fabricação de papel	1 ton	30 – 270	10	100 – 300	-	-	-
	Polpa e papel integrados	1 ton	200 - 250	60 - 500	1.000 – 10.000	300 – 10.000	400 – 1.000	-
Indústria química	Tinta	1 empregado	0,110	1	20	10	-	-
	Sabão	1 tom	25 – 200	50	1000	250 – 2.000	-	-
	Refinaria de petróleo	1 barril (1171)	0,2 – 0,4	0,05	1	120 – 250	-	-
	PVC	1 ton	12,5	10	200	800	1,5	-
Indústria não-metálica	Vidro s subprodutos	1 ton	50	-	-	-	0,7	8
	Cimento (processo seco)	1 ton	5	-	-	-	-	0,3
Siderúrgica	Fundição	1 ton gusa	3 – 8	0,6 – 1,6	12 – 30	100 – 300	-	-
	Laminação	1 ton	8 - 50	0,4 – 2,7	8 - 50	30 - 200	-	-

Fonte: CETESB (1976), Braile e Cavalcanti (1977), Arceivala (1981), Hosang e Bischof (1984), Salvador (1991), Weltzenfeld (1984) *apud* Sperling (1996).

ANEXO 3

Tabela 3: Características físicas, químicas e biológicas das águas residuárias

Componente	Parâmetro de qualidade	Razão de interesse
Matéria em suspensão	Matéria em suspensão, incluindo a porção volátil e a inorgânica	A matéria em suspensão pode dar lugar ao desenvolvimento do depósito de lodo e de condições anaeróbicas quando se despeja água residuária sem tratamento a um meio a meio aquático. Uma quantidade excessiva de matéria em suspensão pode obstruir um sistema de irrigação.
Matéria orgânica biodegradável	Demanda bioquímica de oxigênio e demanda química de oxigênio	Estas substâncias são compostas principalmente por proteínas, carboidratos e graxas. Uma vez despejadas no meio ambiente, sua decomposição biológica pode dar lugar ao esgotamento do oxigênio dissolvido nas águas receptoras e a aparição de condições anaeróbicas.
Patogênicos	Organismos indicadores, coliformes totais e fecais	Os organismos patogênicos presentes numa água residuária, tal como bactérias e vírus, podem produzir numerosas doenças transmissíveis.
Nutrientes	Nitrogênio, Fósforo e Potássio	O nitrogênio, o fósforo e o potássio são elementos nutritivos essenciais para o crescimento das plantas e sua presença na água aumenta o valor para a irrigação. Quando se despeja nitrogênio ou fósforo no meio aquático, pode se dar o desenvolvimento de formas de vida aquáticas indesejáveis. Quando se despejam quantidades excessivas destes elementos no solo,

Caracterização do efluente da ETE de uma indústria têxtil, visando possíveis usos
Mestrando Engº Alexandre Marcos F. da C. e Silva

		o nitrogênio pode chegar a contaminar as águas subterrâneas.
Substâncias orgânicas estáveis ou refratárias ao processo de tratamento	Compostos específicos, como fenóis, pesticidas e hidrocarbonetos clorados.	Estas substâncias orgânicas oferecem grandes resistências nos métodos convencionais de tratamento de águas residuárias. Algumas são tóxicas ao meio ambiente e sua presença pode limitar a idoneidade das águas residuárias para a irrigação.
Atividade do íon hidrogênio	pH	O pH da água residuária afeta a solubilidade dos metais assim como a alcalinidade do solo. O intervalo normal de pH de uma água residual municipal situa-se entre 6,5 e 8,5, já a presença de água residual industrial pode modificar o pH de form significativa.
Metais pesados	Cd, Zn, Ni e Hg	Alguns metais pesados se acumulam no meio ambiente e são tóxicos para os animais e as plantas. Sua presença na água residual pode limitar a idoneidade da água para irrigação.
Substâncias inorgânicas dissolvidas	Matéria dissolvida total, condutividade elétrica, elementos concretos como: Na, Ca, Mg, Cl e B	Um grau excessivo de salinidade pode prejudicar certos cultivos. Determinados íons como os cloretos, o sódio e o boro são tóxicos para certas plantas. O sódios pode causar problemas de permeabilidade dos solos.
Cloro residual	Cloro livre e cloro combinado	Uma concentração excessiva de cloro livre, superior a 0,05 mg/L, pode provocar queimaduras nas pontas das folhas e deformar algumas espécies de plantas sensíveis. Não obstante, a maior parte do cloro presente numa

		água residual é o cloro combinado, que não prejudica as plantas. Existe certa preocupação pelos efeitos tóxicos derivados dos compostos organoclorados que podem chegar a contaminar as águas subterrâneas.
--	--	--

Fonte: Metcalf & Eddy (1995).

ANEXO 4

Tabela 4: Faixa de concentração das águas residuárias brutas conforme sua origem

Componente	Intervalo de concentrações		
	Alta	Média	Baixa
Matéria sólida, mg/L	1200	720	350
Dissolvida total	850	500	250
inorgânica	525	300	145
orgânica	325	200	105
Em suspensão	350	220	100
inorgânica	75	55	20
orgânica	275	165	80
Sólidos decantáveis, ml/L	20	10	5
DBO ₅ a 20°C, mg/L	400	220	110
Carbono Orgânico Total, mg/L	290	160	80
DQO, mg/L	1000	500	250
Nitrogênio, mg/L N, total	85	40	20

orgânico	35	15	8
amoniacal	50	25	12
nitritos	0	0	0
nitratos	0	0	0
Fósforo, mg/L P, total	15	8	4
orgânico	5	3	1
inorgânico	10	5	3
Cloretos, mg/L	100	50	30
Alcalinidade, mg/L CaCO ₃	200	100	50
Óleos & Graxas, mg/L	150	100	50

Fonte: Metcalf & Eddy (1995).

ANEXO 5

Tabela 5: Concentrações máximas permitidas para a disposição dos efluentes industriais em águas superficiais no Chile

Parâmetros de contaminação	Unid.	Concentração máxima permitida para a disposição de águas residuárias em águas superficiais
pH	-	5,5-9,0
Temperatura	°C	35
Sólidos Totais	mg/L	300
DBO ₅	mg/L	300
Óleos e Graxas	mg/L	150
Nitrogênio Amoniacal	mg/L	80

Fonte: Etschmann (2000).

ANEXO 6

Tabela 6: Estimativa das vazões de extração de água subterrânea e recuperação e reutilização de águas residuárias nos Estados Unidos nos anos de 1975, 1985 e 2000.

Categoria/Ano	Quantidade, em 1.000.000m ³ /dia		
	1975	1985	2000
Extração de água doce	1.378	1.355	1.257
Reciclagem de águas residuárias (industrial):	528	1.470	3.289
Usinas Térmicas	217	-	1.966
Etapas de Produção	232	-	1.200
Minério	80	-	121
Reutilização de águas residuárias (urbano)	2,66	8,0	18,25

Fonte: Metcalf & Eddy (1995).

ANEXO 7

Tabela 7: Diagramas que apresentam o tratamento de acordo com o tipo de uso

Tipo de Reuso	Tratamento Extensivo	Tratamento Intensivo
1. Irrigação com restrição.	E.1. Lagoas de Estabilização Fitopurificação Infiltração por percolação	I.1. Tratamento secundário com ou sem desinfecção
2. Irrigação sem limitações, alimentos consumidos cru.	E.2. Como em E1 com a adição de uma fase de refinamento e de armazenamento.	I.2. Como em I.1. com filtração terciária e desinfecção
3. Uso público para irrigação de parques públicos e áreas para a recreação e/ou o esporte.	E.3. Como E.2.	I.3. Como em I.2. com filtração no caso de acesso público sem limitações
4. Distribuição em redes duplas para abastecimento provisório.	E.4. Não aplicável	I.4. Como em I.3. com sistemas de carvão ativado, membrana ou osmose inversa e filtração.
5. Para água de consumo.	E.5. Não aplicável	I.5. Como em I.4. com sistemas muito avançados de desinfecção.

Fonte: Shelef & Azov (1996) *apud* Bortone e Pineschi (2000).

ANEXO 8

Tabela 8: Principais aplicações de águas residuárias tratadas conforme o tipo de uso

Tipos de Reuso	Usos conforme suas restrições	Aplicações	
		Características	Locais
Usos Urbanos	Sem restrições (qualidade máxima)	- Irrigação em zonas verdes - Outros usos	- Parques urbanos - Jardins públicos - Pátios de escolas - Condicionantes climáticos - Fontes ornamentais - Reserva técnica de incêndio - Jardins privativos - Campos de esportes
	Irrigação de zonas de acesso restrito (Controle do uso)	- Irrigação de zonas em que os acessos são poucos freqüentados e controlados	- Canteiros verdes - Áreas residenciais - Zonas verdes em vias de comunicação
	Outros usos sem qualidade máxima		- Lavagem de veículos - Águas para cisternas e não para consumo - Construção
Usos agrícolas	Alimentos para consumo humanos		- Cultivo para consumo humano não processado

Caracterização do efluente da ETE de uma indústria têxtil, visando possíveis usos
Mestrando Engº Alexandre Marcos F. da C. e Silva

	Alimentos que não são consumidos crus, somente depois de processados		- Forragens e Pastagens - Fibras - Viveiros e lavouras - Aquicultura - Silvicultura - Biomassa vegetal
	Alimentos naturais irrigados encontrados na superfície do solo	- Possibilidades de contatos naturais com a população e com os trabalhadores	- Sem limitações de qualidade para alimentos climáticos
	Alimentos naturais irrigados encontrados sob o solo	- Sem possibilidades do contato natural com a população e com os trabalhadores	- Sem limitações de qualidade para alimentos climáticos
Lazer	Sem restrições (qualidade máxima)	- Contato direto água/usuário	- Natação
	Controle de uso	- Atividades sem contato	- Campos de golfe - Pesca - Remo/Navegação
Melhora Ambiental		- Criação de corpos d'água - Criação de zonas úmidas - Melhora de paisagens	- Recuperação/ manutenção de zonas úmidas - Implantação de áreas verdes
Recarga de águas subterrâneas	Qualidade de água potável	- Aplicação em profundidade	- Recarga de aquíferos explorados para abastecimento

	Outras qualidades	- Aplicação superficial - Aplicação em profundidade	- Combate a subsidência - Combate a intrusão - Tratamento de águas residuárias
Aqüicultura			- Criação de peixes e moluscos
Utilização industrial		- Águas no processo - Resfriamento - Lavagem - Obras públicas	- Caldeiras - Águas para refrigeração - Lavagem de pisos - compactação de solo
Utilização potável	Qualidade potável concedida por barreiras múltiplas	- Água de abastecimento	- Reservatórios naturais seguidos por tratamento de água

Fonte: Salgot et al (2002).

ANEXO 9

Tabela 9: Legislação da Jordânia para utilização de águas residuárias tratadas para uso urbano

Uso:	Parques públicos	
Parâmetros	Unidade	Limites máximos estabelecidos
DBO ₅ filtrada	mg/L	50
DQO	mg/L	200
OD	mg/L	> 2
SDT	mg/L	2000
SST	mg/L	50

Caracterização do efluente da ETE de uma indústria têxtil, visando possíveis usos
Mestrando Engº Alexandre Marcos F. da C. e Silva

pH	mg/L	6 – 9
Cor	PtCo	75
Fenol	mg/L	0,002
NO ₃ -N	mg/L	25
NH ₄ -N	mg/L	50
Nitrogênio Total	mg/L	100
Fósforo Total	mg/L	15
Cloretos	mg/L	350
SO ₄	mg/L	1000
CO ₃	mg/L	6
HCO ₃	mg/L	520
Na	mg/L	230
Mg	mg/L	60
Ca	mg/L	400
RAS	mg/L	12
Cloro Residual*	mg/L	0,5
Al	mg/L	5
As	mg/L	0,1
Be	mg/L	0,1
Cu	mg/L	0,2
F	mg/L	1,0
Fe	mg/L	5,0

Li	mg/L	3,0
Mn	mg/L	0,2
Ni	mg/L	0,2
Pb	mg/L	0,1
Se	mg/L	0,02
Cd	mg/L	0,01
Zn	mg/L	2,0
CN	mg/L	0,1
Cr	mg/L	0,1
Hg	mg/L	0,001
V	mg/L	0,1
Co	mg/L	0,05
B	mg/L	3,0
Mo	mg/L	0,01
Coliformes Fecais	NMP/100ml	200
Patogênicos	mg/L	nenhum
Ameba & Giardia	um cisto/L	nenhum
Nematóides	ovos/L	< 1

Fonte: Ministério de água e irrigação - Jordânia, 2001.

NOTA:

* Tempo tocante < 30 minutos.

ANEXO 10

Tabela 10: Proposta legal dos padrões estabelecidos na Jordânia para o uso de águas residuárias no meio urbano

Uso:	Parques públicos e outros usos urbanos	
Parâmetros	Unidade	Limites máximos estabelecidos
Coliformes Fecais	CF/100ml	23
Ovos de Nematóides	Ovos/L	1
DBO ₅	mg/L	15
Turbidez	NTU	2
Nitrogênio Total	mg/L	30
Cloro Residual	mg/L	0,5

Fonte: Ministério de água e irrigação - Jordânia, 2001.

ANEXO 11

Tabela 11: Padrões de qualidade da água estabelecidos no Brasil conforme a classe

Parâmetro	Unidade	Classe 1	Classe 2	Classe 3
Alumínio:	mg/L Al	0,1	0,1	0,1
Amônia não ionizável:	mg/L NH ₃	0,02.	0,02.	-
Arsênio:	mg/L As	0,05	0,05	0,05
Bário:	mg/L Ba	1,0.	1,0.	1,0
Berílio:	mg/L Be	0,1	0,1	0,1
Boro:	mg/L B	0,75	0,75	0,75
Benzeno :	mg/L	0,01	0,01	0,01

Caracterização do efluente da ETE de uma indústria têxtil, visando possíveis usos
Mestrando Engº Alexandre Marcos F. da C. e Silva

Benzo-a-pireno:	mg/L	0,00001	0,00001	0,00001
Cádmio:	mg/L Cd	0,001	0,001	0,01
Cianetos:	mg/L CN	0,01	0,01	0,2
Chumbo:	mg/L Pb	0,03	0,03	0,05
Cloretos:	mg/L Cl	250	250	250
Cloro Residual:	mg/L Cl	0,01	0,01	-
Cobalto:	mg/L Co	0,2	0,2	0,2
Cobre:	mg/L Cu	0,02	0,02	0,5
Cromo Trivalente:	mg/L Cr	0,5	0,5	0,5
Cromo Hexavalente:	mg/L Cr	0,05	0,05	0,05
1,1 dicloroetano :	mg/L	0,0003	0,0003	0,0003
1,2 dicloroetano:	mg/L	0,01	0,01	0,01
Estanho;	mg/L Sn	2,0	2,0	2,0
Índice de Fenóis:	mg/L C ₆ H ₅ OH	0,001	0,001	0,3
Ferro solúvel:	mg/L Fe	0,3	0,3	5,0
Fluoretos:	mg/L F	1,4	1,4	1,4
Fosfato total:	mg/L P	0,025	0,025	0,025
Lítio:	mg/L Li	2,5	2,5	2,5
Manganês:	mg/L Mn	0,1	0,1	0,5
Mercúrio:	mg/L Hg	0,0002	0,0002	0,002
Níquel:	mg/L Ni	0,025	0,025	0,025
Nitrato:	mg/L N	10	10	10

Caracterização do efluente da ETE de uma indústria têxtil, visando possíveis usos
Mestrando Engº Alexandre Marcos F. da C. e Silva

Nitrito:	mg/L N	1,0	1,0	1,0
Nitrogênio amoniacal:	mg/L N	-	-	1,0
Prata:	mg/L Ag	0,01	0,01	0,05
Pentaclorofenol:	mg/L	0,01	0,01	0,01
Selênio:	mg/L Se	0,01	0,01	0,01
Sólidos dissolvidos totais:	mg/L	500	500	500
Substâncias tenso-ativas quereagem com o azul de metileno :	mg/L LAS	0,5	0,5	0,5
Sulfatos:	mg/L SO ₄	250	250	250
Sulfetos (como H ₂ S não dissociado):	mg/L S	0,002	0,002	0,3
Tetracloroeteno:	mg/L	0,01	0,01	0,01
Tricloroeteno:	mg/L	0,03	0,03	0,03
Tetracloroeto de carbono:	mg/L	0,003	0,003	0,003
2, 4, 6 triclorofenol:	mg/L	0,01	0,01	0,01
Urânio total:	mg/L U	0,02	0,02	0,02
Vanádio:	mg/L V	0,1	0,1	0,1
Zinco:	mg/L Zn	0,18	0,18	5,0
Aldrin:	mg/L	0,01	0,01	0,03
Clordano:	µg/L	0,04	0,04	0,3
DDT;	µg/L	0,002	0,002	1,0
Dieldrin:	µg/L	0,005	0,005	0,03
Endrin:	µg/L	0,004	0,004	0,2

Caracterização do efluente da ETE de uma indústria têxtil, visando possíveis usos
Mestrando Engº Alexandre Marcos F. da C. e Silva

Endossulfan:	µg/L	0,056	0,056	150
Epóxido de Heptacloro:	µg/L	0,01	0,01	0,1
Heptacloro:	µg/L	0,01	0,01	0,1
Lindano (gama.BHC)	µg/L	0,02	0,02	3,0
Metoxicloro:	µg/L	0,03	0,03	30,0
Dodecacloro + Nonacloro:	µg/L	0,001	0,001	0,001
Bifenilas Policloradas (PCB'S):	µg/L	0,001	0,001	0,001
Toxafeno:	µg/L	0,01	0,01	5,0
Demeton:	µg/L	0,1	0,1	14,0
Gution:	µg/L	0,005	0,005	0,005
Malation:	µg/L	0,1	0,1	100,0
Paration:	µg/L	0,04	0,04	35,0
Carbaril:	µg/L	0,02	0,02	70,0
Compostos organofosforados e carbamatos totais:	µg/L em Paration	10,0	10,0	100,0
2,4 - D:	µg/L	4,0	4,0	20,0
2,4,5 - TP:	µg/L	10,0	10,0	10,0
2,4,5 - T:	µg/L	2,0	2,0	2,0
DBO ₅ dias a 20°C	mg/L O ₂	≤ 3	≤ 5	≤ 10
OD	mg/LO ₂	≥ 6	≥ 5	≥ 4
Turbidez	NTU	40	100	100
		nível de cor		

Caracterização do efluente da ETE de uma indústria têxtil, visando possíveis usos
Mestrando Engº Alexandre Marcos F. da C. e Silva

Cor:	PtCo	natural do corpo de água	75	75
pH:	-	6,0 a 9,0	6,0 a 9,0	6,0 a 9,0
Coliformes Fecais	CF/100ml	$\leq 250^*$	$\leq 250^*$	≤ 4.000
Coliformes Totais	CT/100ml	$\leq 1.250^*$	$\leq 1.250^*$	≤ 20.000
materiais flutuantes, inclusive espumas não naturais:	-	V.A.**	V.A.**	V.A.**
Óleos e graxas:	-	V.A.**	V.A.**	V.A.**
substâncias que comuniquem gosto ou odor:	-	V.A.**	V.A.**	V.A.**
corantes artificiais:	-	V.A.**	***	***
substâncias que formem depósitos objetáveis:	-	V.A.**	V.A.**	V.A.**

Fonte: Ministério do Meio Ambiente, 1986.

NOTA:

* Limites recomendados segundo o artº 26 da referida resolução para o uso em recreação de contato primário, avaliada na categoria excelente.

** Virtualmente ausentes.

*** Não será permitida a presença de corantes artificiais que não sejam removíveis por processo de coagulação, sedimentação e filtração convencionais.

ANEXO 12

Tabela 12: Limites máximos permissíveis na legislação do México para uso urbano

Parâmetros	Rios		Reservatórios naturais e artificiais	
(mg/L, a menos que especificado de outra forma)	Urbano, uso público		Urbano, uso público	
	MA	DA	MA	DA
Temperatura °C (1)	40	40	40	40
Óleos e Graxas (2)	15	25	15	25
Materiais em suspensão (3)	ab	ab	ab	ab
Sólidos decantáveis (ml/L)	1	2	1	2
Sólidos suspensos totais	75	125	40	60
DBO ₅	75	150	30	60
Nitrogênio total	40	60	15	25
Fósforo total	20	30	5	10
Arsênio	0.1	0.2	0.1	0.2
Cádmio	0.1	0.2	0.1	0.2
Cianeto	1.0	2.0	1.0	2.0
Cobre	4.0	6.0	4.0	6.0
Cromo *	0.5	1.0	0.5	1.0
Mercúrio	0.005	0.01	0.005	0.01
Níquel	2.0	4.0	2.0	4.0
chumbo	0.2	0.4	0.2	0.4
Zinco	10	20	10	20

Fonte: Regulamento Oficial do México, 1996 *apud* SCOTT et al, 2001.

NOTA:

*Medido como o total.

(1) Instantâneo.

(2) amostra média.

(3) Ausente pelo método do teste definido na NMX- AA- 006.

MA= medida mensal; DA= medida diária; ab= ausente.

ANEXO 13

Tabela 13: Norma de interpretação da qualidade da água para irrigação

Grau de restrição conforme o uso				
Parâmetro	Unid.	Nenhum a fraco	Moderado	Severo
Salinidade	dS/cm ou $\mu\text{mhos/cm}$	$< 0,7 \text{ dS/cm}$	$0,7 - 3,0 \mu\text{mhos/cm}$	$> 3,0 \mu\text{mhos/cm}$
Sólidos totais dissolvidos	mg/L	< 450	450 - 2000	> 2000
Sólidos totais suspensos	mg/L	< 50	50 - 100	> 100
Bicarbonatos (HCO_3)	mg/L	< 90	90 – 500	> 500
Boro (B)	mg/L	$< 0,7$	$0,7 - 3,0$	$> 3,0$
Cloro (Cl^-), colheitas sensíveis	mg/L	< 140	140 - 350	> 350
Cloro (Cl^-), <i>sprinklers</i>	mg/L	< 100	> 100	> 100
Cloro residual total (Cl_2)	mg/L	$< 1,0$	$1,0 - 5,0$	$> 5,0$
Sulfetos (H_2S)	mg/L	$< 0,5$	$0,5 - 2,0$	$> 2,0$
Ferro (Fe), irrigação por				

--

gotejamento	mg/L	< 0,1	0,1 – 1,5	> 1,5
Manganês (Mn), irrigação por gotejamento	mg/L	< 0,1	0,1 – 1,5	> 1,5
Nitrogênio total (N)	mg/L	< 5	5 - 30	> 30
Sódio (Na ⁺), colheitas sensíveis	mg/L	< 100	> 100	> 100
Sódio (Na ⁺), <i>sprinklers</i>	mg/L	< 70	> 70	> 70
SAR	mg/L	< 3	3 - 9	> 9

Fonte: Ayers e Westcott (1985) *apud* Kretschmer et al (2003).

ANEXO 14

Tabela 14: Comparação dos critérios de qualidade para o uso de águas residuárias na irrigação das colheitas crescidas para o consumo humano, conforme as legislações apresentadas.

Parâmetros	Califórnia ^a T-22(1978)	U.S.EPA (1992)	OMS (1989)	Israel (1978)	Tunísia (1975)	Chipre (1997)	Itália (1977)
Tipo de regulamento	Lei	Norma	Norma	Lei	Lei	Provisório	Lei
Tratamento mínimo requerido	Tratamento avançado	Tratamento avançado	Lagoas de estabilização ^b	Tratamento secundário ^c	Lagoas de estabilização	Tratamento terciário	Tratamento secundário
DBO ₅ total (mg/L)	-	10	-	15	30	10	-
DBO ₅ solúvel (mg/L)	-	-	-	10	-	-	-
Sólidos suspensos (mg/L)	-	5 ^d	-	15	30	10	-
Turbidez (NTU)	2	2	-	-	-	-	-
pH	-	-	-	-	6,5 – 8,5	-	-
Condutividade (dS/cm)	-	-	-	-	7,0	-	-
Oxigênio dissolvido (mg/L)	Presente			0,5	-	-	-

Caracterização do efluente da ETE de uma indústria têxtil, visando possíveis usos
Mestrando Engº Alexandre Marcos F. da C. e Silva

Coliforme total (NMP/100mL)	2,2 (50%) ^e	0 ^f	-	2,2 (50%)	-	-	2
Coliforme fecal (NMP/100mL)	-	-	1000	-	-	50	-
Helmintos (ovos/100cm ³)	-	-	1	-	<1	0	-
Cloro residual avaliado (mg/L)	presente	1,0	-	0,5	-	-	-
Salinidade	-	-	-	-	-	-	SAR<10 ^g
Metais	-	-	-	-	-	-	Si
Principais processos de tratamento	Oxidação, clarificação, filtração e desinfecção	Filtração e desinfecção	Lagoas de estabilização ou tratamento equivalente	Prolongado, acumulação e desinfecção	Lagoas de estabilização ou tratamento equivalente	Filtração e desinfecção	
a) Irrigação por aspersão b) Lagoas em séries com tempos de detenção apropriados c) O armazenamento pode incluir o tratamento equivalente a terciário d) Os sólidos suspensos são usados no lugar da turbidez e) Não deve exceder o limite de 23/100 cm ³ no único teste mensal. f) Nunca de exceder o limite de 14/100 cm ³ g) SAR = $Na/((Ca+Mg)/2)^{1/2}$.							

Fonte Angelakis et al. (1999) *apud* Bortone e Pineschi (2000).

ANEXO 15

Tabela 15: Norma da Agência de Proteção Ambiental dos Estados Unidos para uso de águas em irrigação

Tipo de Reuso	Tratamento requerido	Qualidade da água recuperada	Monitoramento recomendado	Distâncias de recuo	
Irrigação de: colheitas de alimentos processados comercialmente	Secundário Desinfecção	pH = 6 – 9	semanal	300 ft dos poços de fonte de água potável	
		DBO ≤ 30 mg/L	semanal		
Pomares e vinhedos		SS = 30 mg/L	diário	100 ft das áreas acessíveis ao público	
		CF ≤ 200/100mL	diário		
		Cl ₂ residual = 1 mg/L min	contínuo		
Pastagem		Secundário Desinfecção	pH = 6 – 9	semanal	300 ft dos poços de fonte de água potável
Pastagem para ordenhar animais			DBO ≤ 30 mg/L	Semanal	
			SS = 30 mg/L	diário	
Pasto para animais domésticos			CF ≤ 200/100mL	diário	100 ft das áreas acessíveis ao público
			Cl ₂ residual = 1 mg/L min	contínuo	
Irrigação de: colheitas de alimentos não processados	Secundário	pH = 6 – 9	semanal	50 ft dos poços de fonte de água potável	
	Filtração	DBO ≤ 30 mg/L	semanal		
	Desinfecção	Turbidez ≤ 1 NTU	diário		

processados comercialmente		CF = 0/100mL	diário	100 ft das áreas acessíveis ao público
		Cl ₂ residual = 1 mg/L min	contínuo	
Recarga de aquéifero	Local específico e dependente uso	Local específico e dependente uso	Depende do tratamento e do uso	Local específico

Fonte: Report No. EPA-625/R-92-004 *apud* Kretschmer et al (2003).

ANEXO 16

Tabela 16: Norma da OMS para o uso de águas residuárias tratadas para agricultura

Categoria	Condições de reuso	Grupos de exposição	Nematóides Intestinais^a (média aritmética - N° ovos/L)^b	Coliformes Fecais (média geométrica – colônias/100ml)^b	O tratamento de águas residuárias deve seguir as referências estabelecidas na norma
A	Irrigação de colheitas a serem ingeridas cruas, campos e parques públicos ^c .	Trabalhadores, consumidores e ao público.	≤ 1	≤ 1000	Série de lagoas da estabilização projetadas para conseguir a qualidade microbiological indicada, ou um tratamento equivalente.
B	Irrigação de				Lagoas de

Caracterização do efluente da ETE de uma indústria têxtil, visando possíveis usos
Mestrando Engº Alexandre Marcos F. da C. e Silva

	colheitas de cereais, de colheitas industriais, de colheitas de forragem, de pasto e de árvores ^d .	Trabalhadores	≤ 1	Recomendação não padronizada	estabilização com retenção de 8 a 10 dias ou remoção equivalente de helmintos e de coliformes fecais.
C	Irrigação localizada de colheitas na categoria B se a exposição aos trabalhadores e ao público não ocorrerem.	Ninguém	Não aplicável	Não aplicável	Pré-tratamento como tecnologia necessária para irrigação, mas não apenas uma sedimentação preliminar.

Fonte: OMS, 1989 *apud* Peasey et al, 2000.

NOTA:

a) Espécies do gênero: *Ascaris*, *Trichuris*, *Ancylostoma* e *Necator*.

b) Irrigação durante o período.

c) A norma passa a estabelecer ≤ 200 CF/100 ml, sendo apropriado para gramados públicos, tais como: gramados de hotel, com o qual o público possa ter um contato direto.

d) No caso de árvores frutíferas, a irrigação deve cessar duas semanas antes da fruta ser colhida, e nenhuma fruta deve ser colhida fora da terra. A irrigação por aspersão deve ser usada.

ANEXO 17

Tabela 17: Concentrações máximas de microelementos tóxicos aceitáveis (CMA) na irrigação de água, estabelecida pela legislação alemã.

Elemento	CMA a longo prazo (mg/L)	CMA a curto prazo (mg/L)	Observações
Al	5,0	20,0	Causa esterilidade em solos ácidos (pH < 5,5).
As	0,1	2,0	A toxicidade varia de acordo com a colheita de arroz entre 0,05 mg/L a 12 mg/L.
Be	0,1	0,5	A toxicidade varia de acordo com a colheita e pode alcançar até 5 mg/L.
B	0,75	2,0	Tóxico para plantas.
Cd	0,01	0,05	Tóxico ao homem.
Co	0,05	5,0	-
Cr	0,1	1,0	-
Cu	0,2	5,0	-
F	1,0	15,0	-
Fe	5,0	20,0	-
Hg	-	-	Tóxico ao homem.
Li	2,5	2,5	Tóxico para frutas cítricas em concentrações < 0,075 mg/L.
Mn	0,2	10,0	
Mo	0,01	0,05	Tóxico para animais domésticos.
Ni	0,2	2,0	

Pb	5,0	10,0	Tóxico ao homem.
Se	0,02	0,02	
Sn	-	-	Elemento não absorvido pela plantas
Ti	-	-	Elemento não absorvido pela plantas
W	-	-	Elemento não absorvido pela plantas
V	0,1	1,0	
Zn	2,0	10,0	

Fonte: Ong et al., 1995; Cook, 1991 *apud* Volterra, 2000.

ANEXO 18

Tabela 18: Legislação da Jordânia para utilização de águas residuárias tratadas para uso agrícola

Uso:		Vegetais ingeridos cozinhados	Árvores frutíferas, floresta, colheitas industriais e cereais	Forragem*
Parâmetros	Unidade	Limites máximos estabelecidos		
DBO ₅ filtrada	mg/L	150	150	250
DQO	mg/L	500	500	700
OD	mg/L	> 2	> 2	> 2
SDT	mg/L	2000	2000	2000
SST	mg/L	200	200	250
pH	mg/L	6 – 9	6 – 9	6 – 9
Cor	PtCo	-	-	-

Fenol	mg/L	0,002	0,002	0,002
NO ₃ -N	mg/L	50	50	50
NH ₄ -N	mg/L	-	-	-
Nitrogênio Total	mg/L	100	100	-
Fósforo Total	mg/L	-	-	-
Cloretos	mg/L	350	350	350
SO ₄	mg/L	1000	1000	1000
CO ₃	mg/L	6	6	6
HCO ₃	mg/L	520	520	520
Na	mg/L	230	230	230
Mg	mg/L	60	60	60
Ca	mg/L	400	400	400
RAS	mg/L	9	9	9
Cloro Residual**	mg/L	0,5	-	-
Al	mg/L	5	5	5
As	mg/L	0,1	0,1	0,1
Be	mg/L	0,1	0,1	0,1
Cu	mg/L	0,2	0,2	0,2
F	mg/L	1,0	1,0	1,0
Fe	mg/L	5,0	5,0	5,0
Li	mg/L	2,5	5,0	5,0
Mn	mg/L	0,2	0,2	0,2

Ni	mg/L	0,2	0,2	0,2
Pb	mg/L	5,0	5,0	5,0
Se	mg/L	0,02	0,02	0,02
Cd	mg/L	0,01	0,01	0,01
Zn	mg/L	2,0	2,0	2,0
Cianetos	mg/L	0,1	0,1	0,1
Cr	mg/L	0,1	0,1	0,1
Hg	mg/L	0,001	0,001	0,001
V	mg/L	0,1	0,1	0,1
Co	mg/L	0,05	0,05	0,05
B	mg/L	1,0	1,0	3,0
Mo	mg/L	0,01	0,01	0,01
Coliformes Fecais	NMP	1000	-	-
Patogênicos	mg/L	-	-	-
Ameba & Giardia	um cisto/L	< 1	-	-
Nematóides	ovos/L	< 1	-	< 1

Fonte: Ministério de água e irrigação - Jordânia, 2001.

NOTA:

* Os elementos com traços e os valores de metais pesados são calculados baseados numa quantidade de água residuária usada para a irrigação, caso a quantidade da água aumente tais parâmetros mencionados na Tabela 18 tem suas concentrações diminuídas proporcionalmente.

** Tempo tocante < 30 minutos.

ANEXO 19

Tabela 19: Limites recomendados para uso de águas em sistemas de resfriamento

Parâmetro	Unidade	Limites recomendados
pH	-	6.9 - 9.0
Turbidez	mg/L	50
Sólidos Suspensos Totais	mg/L	100
Sólidos Dissolvidos Totais	mg/L	500
Demanda Bioquímica de Oxigênio	mg/L	25
Demanda Química de Oxigênio	mg/L	75
Alcalinidade Total	mg/L	350
Dureza Total	mg/L	650
Cl	mg/L	500
Substâncias Ativas ao Azul de Metileno	mg/L	1.0
NH ₄ -N	mg/L	1.0
PO ₄	mg/L	4.0
SiO ₂	mg/L	50
Al	mg/L	0.1
Fe	mg/L	0.5
Mn	mg/L	0.5
Ca	mg/L	50
Mg	mg/L	0.5
HCO ₃	mg/L	24
SO ₄	mg/L	200

Fonte: WPCF *apud* Martins, 1997.

ANEXO 20

Tabela 20: Problemas causados em caldeiras de acordo com os parâmetros físico-químicos constituídos nas águas

Constituintes	Composição química	Dificuldades causadas	Meio de tratamento
Turbidez	expressa em unidade	Sedimentos em linhas de águas.	Floculação, sedimentação e filtração.
Dureza	Sais de cálcio e magnésio expressos como CaCO_3	Principais causadores de crostas calcárias.	Abrandamento. Tratamento interno na caldeira.
Alcalinidade	Bicarbonato (HCO_3^-), Carbonato (CO_3^{2-}) e Hidrato (OH^-) expressos como CaCO_3	Em excesso causam espuma e arraste de sólidos com o vapor. Fragilidade cáustica no ferro. O bicarbonato e o carbonato produzem gás carbônico, causador de corrosão nas linhas de vapor e de condensado.	Amolecimento com cal. Desmineralização.
Ácido mineral livre	Ácido sulfúrico: H_2SO_4 e ácido clorídrico: HCl	Corrosão	Neutralização com álcalis.
Dióxido de carbono	CO_2	Corrosão em dutos de água e linhas de vapor e de condensado.	Aeração, desaeração e neutralização com álcalis.
Sulfato	SO_4Na_2	Adiciona-se ao conteúdo de sólidos da água, mas por si é usualmente	Desmineralização.

Caracterização do efluente da ETE de uma indústria têxtil, visando possíveis usos
Mestrando Engº Alexandre Marcos F. da C. e Silva

		insignificante. Combina-se com cálcio para formar crosta de sulfato de cálcio.	
Cloreto	Cl ⁻	Adiciona-se ao conteúdo de sólidos aumentando o caráter corrosivo da água.	Desmineralização.
Sílica	SiO ₂	Causa crosta de difícil remoção. Volatiza-se a altas pressões, causando depósitos em turbinas.	Remoção pelo processo a quente com sais de magnésio. Absorção pela resina de troca iônica altamente básica na desmineralização.
Nitrato	NO ₃	Adiciona-se ao conteúdo de sólidos. Útil para a ação da soda em relação à fragilidade cáustica	Desmineralização.
Ferro	Fe ⁺⁺ (ferroso) Fe ⁺⁺⁺ (fêrrico)	Causadores de sedimentos e corrosão	Aeração, coagulação e filtração, amolecimento pela cal, troca de catiônica.
Oxigênio	O ₂	Corrosão	Desaeração, sulfito de sódio, hidrazina.
Amônia	NH ₃	Corrosão de ligas de cobre e zinco pela formação de íon complexo solúvel.	Cloração, desaeração.
Sólidos dissolvidos	-	Em excesso causam espuma, sedimentos e	Vários processos de amolecimento e troca

		arraste.	iônica os reduzirão.
--	--	----------	----------------------

Fonte: Zanone e Torres, 1997.

ANEXO 21

Tabela 21: Legislação da Jordânia para utilização de águas residuárias tratadas para recarga de aquíferos e outros

Uso:		Áreas represadas	Recargas Artificiais	Atividade Pesca
Parâmetros	Unidade	Limites máximos estabelecidos		
DBO ₅ filtrada	mg/L	50	50	-
DQO	mg/L	200	200	-
OD	mg/L	> 2	> 2	> 5
SDT	mg/L	2000	1500	2000
SST	mg/L	50	50	25
pH	mg/L	6 – 9	6 – 9	6,5 – 9
Cor	PtCo	75	75	-
Fenol	mg/L	0,002	0,002	0,002
NO ₃ -N	mg/L	25	25	-
NH ₄ -N	mg/L	15	15	0,5
Nitrogênio Total	mg/L	50	50	-
Fósforo Total	mg/L	15	15	-
Cloretos	mg/L	350	350	-
SO ₄	mg/L	1000	1000	-
CO ₃	mg/L	6	6	-

Caracterização do efluente da ETE de uma indústria têxtil, visando possíveis usos
Mestrando Engº Alexandre Marcos F. da C. e Silva

HCO ₃	mg/L	520	520	-
Na	mg/L	230	230	-
Mg	mg/L	60	60	-
Ca	mg/L	400	400	-
RAS	mg/L	9	9	-
Cloro Residual**	mg/L	-	-	-
Al	mg/L	5	1	-
As	mg/L	0,05	0,05	0,05
Be	mg/L	0,1	0,1	1,1
Cu	mg/L	0,2	0,2	0,04
F	mg/L	1,0	1,0	1,5
Fe	mg/L	2,0	1,0	0,5
Li	mg/L	1,0	1,0	-
Mn	mg/L	0,2	0,2	1,0
Ni	mg/L	0,2	0,2	0,4
Pb	mg/L	0,1	0,1	0,15
Se	mg/L	0,02	0,02	0,05
Cd	mg/L	0,01	0,01	0,015
Zn	mg/L	15	15	0,6
Cianetos	mg/L	0,1	0,1	0,005
Cr	mg/L	0,05	0,05	0,1
Hg	mg/L	0,001	0,001	0,00005

V	mg/L	0,1	0,1	-
Co	mg/L	0,05	0,05	-
B	mg/L	2,0	1,0	-
Mo	mg/L	0,01	0,01	-
Coliformes Fecais	NMP	1000	1000	1000
Patogênicos	mg/L	-	-	100000*
Ameba & Giardia	um cisto/L	-	-	-
Nematóides	ovos/L	< 1	-	-

Fonte: Ministério de água e irrigação - Jordânia, 2001.

NOTA:

* Salmonella/100ml.

** Tempo tocante < 30 minutos.

ANEXO 22

Tabela 22: Recurso hídrico renovável e seu uso em alguns países

País	Recursos hídricos renováveis anualmente* (km ³ /ano)	Total de extração de água doce (km ³ /ano)	Extração per capita (Cálculo 2000) (m ³ /pop/ano)	Usos (%)			População (Cálculo 2000) (milhões)
				Doméstico	Industrial	Agrário	
Argentina	994,00	27,60	745	9	18	73	37,03
Bolívia	300,00	1,24	149	10	5	85	8,33
Brasil	6950,00	36,47	216	43	17	40	169,20
Chile	468,00	16,80	1104	6	5	89	15,21
Colômbia	1070,00	5,34	137	41	16	43	38,91

Caracterização do efluente da ETE de uma indústria têxtil, visando possíveis usos
Mestrando Engº Alexandre Marcos F. da C. e Silva

Equador	314,00	5,56	440	7	3	90	12,65
Guiana	214,00	1,46	1670	1	0	99	0,87
Paraguai	314,00	0,43	78	15	7	78	5,50
Peru	40,00	6,10	238	19	9	72	25,66
Suriname	200,00	0,46	1018	6	5	89	0,45
Uruguai	124,00	0,65	199	6	3	91	3,27
Venezuela	1317,00	4,10	170	43	11	46	24,17
México	357,40	77,62	785	6	8	86	98,88
EE.UU.	2478,00	469,00	1688	12	46	42	277,83

Fonte: The World's Water, 2000-2001 *apud* CUENCA et al, 2001.

NOTA:

* Total de água renovável superficial e subterrânea.

ANEXO 23

RESULTADOS DO ESGOTO BRUTO - INDÚSTRIA TÊXTEL COTEMINAS - SÃO GONÇALO DO AMARANTE/RN

	PARÂMETROS/DATA	UND.	19/11/2003	26/11/2003	03/12/2003	10/12/2003	18/12/2003	24/12/2003	31/12/2003
1	pH	-	11,90	11,35	13,21	10,99	12,10	10,44	10,60
2	Temperatura	°C	37,00	27,00	35,00	39,50	32,00	35,00	34,50
3	Condutividade	us/cm	-	1805,30	19764,00	1292,40	1260,00	522,70	537,80
4	Oxigênio Dissolvido	mg/l	4,40	4,40	3,80	4,70	3,80	2,95	3,20
5	Sólidos Totais	mg/l	1429,00	1613,00	9188,00	3620,00	1417,00	711,00	583,00
6	Sólidos Totais Fixos	mg/l	909,00	842,00	5233,00	799,00	546,00	278,00	325,00
7	Sólidos Totais Voláteis	mg/l	520,00	771,00	3955,00	2821,00	871,00	433,00	258,00
8	DBO	mg/l	138,14	76,48	152,45	396,23	226,43	78,89	44,71
9	DQO	mg/l	432,07	802,56	1691,65	3410,53	1261,54	631,58	252,63
10	Cloretos	mg/l	34,30	227,87	1256,96	95,56	85,76	63,71	98,01
11	Nitratos	mg/l	13,98	9,03	7,66	5,87	9,05	7,51	3,90
12	Nitritos	mg/l	0,20	0,38	0,05	0,33	0,37	0,12	0,30
13	Nitrogênio Kjeldahl	mg/l	10,64	21,84	6,16	22,96	22,40	19,05	5,04
14	Nitrogênio Orgânico	mg/l	6,72	19,04	4,76	21,42	20,68	16,80	4,77
15	Nitrogênio Amoniacal	mg/l	3,92	2,80	1,40	1,54	1,72	2,25	0,27
16	Vazão (Q)	m³/h	79,97	95,11	105,70	105,70	84,92	65,76	65,76

ANEXO 24

RESULTADOS DO EFLUENTE TRATADO - INDÚSTRIA TÊXTIL COTEMINAS - SÃO GONÇALO DO AMARANTE/RN

	PARÂMETROS/DATA	UND.	30/7/2003	06/08/2003	13/8/2003	20/08/2003	27/08/2003	3/9/2003	10/09/2003	17/9/2003
1	pH	-	8,24	8,08	8,06	8,21	8,48	8,24	8,10	8,41
2	Temperatura	°C	26,60	25,90	26,70	27,00	27,80	26,20	27,40	27,30
3	Condutividade	us/cm	1556,80	-	1767,20	1529,70	1270,00	1575,90	1808,00	1731,90
4	Turbidez	NTU	8,17	12,97	8,79	7,50	6,41	17,69	9,42	18,81
5	Oxigênio Dissolvido	mg/l	4,70	4,18	3,94	4,39	4,39	4,70	4,57	4,92
6	Sólidos Totais	mg/l	-	1168,00	1339,00	1194,00	1098,00	1307,00	1525,00	1427,00
7	Sólidos Totais Fixos	mg/l	-	1055,00	1116,00	1011,00	883,00	1033,00	1226,00	1161,00
8	Sólidos Totais Voláteis	mg/l	-	113,00	223,00	183,00	215,00	274,00	299,00	266,00
9	Sólidos Suspensos Totais	mg/l	-	-	-	-	-	44,00	20,00	30,00
10	Sólidos Suspensos Fixos	mg/l	-	-	-	-	-	0,00	0,00	6,00
11	Sólidos Suspensos Voláteis	mg/l	-	-	-	-	-	44,00	20,00	24,00
12	Sólidos Dissolvidos Totais	mg/l	-	-	-	-	-	1263,00	1505,00	1397,00
13	Sólidos Dissolvidos Fixos	mg/l	-	-	-	-	-	1033,00	1226,00	1155,00
14	Sólidos Dissolvidos Voláteis	mg/l	-	-	-	-	-	230,00	279,00	242,00
15	Sólidos Decantáveis	ml/l	-	0,00	0,00	0,00	0,00	1,00	0,00	0,00
16	DBO	mg/l	14,18	13,54	19,45	24,30	15,52	20,92	19,05	17,54
17	DQO	mg/l	76,80	76,80	76,80	70,40	64,00	89,60	76,80	108,80
18	Cloretos	mg/l	312,67	362,25	429,05	262,85	229,85	337,70	452,63	371,88
19	Nitratos	mg/l N	-	-	-	-	-	-	-	-
20	Nitritos	mg/l N	-	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
21	Nitrogênio Kjeldahl	mg/l N	-	-	-	-	-	5,60	8,40	15,68
22	Nitrogênio Orgânico	mg/l N	-	-	-	-	-	3,92	5,60	2,80
23	Nitrogênio Amoniacal	mg/l N	-	-	-	-	-	1,68	2,80	12,88
24	Fósforo Total	mg/l	-	1,35	1,82	0,48	0,80	1,22	1,48	1,53
25	Sulfetos	mg/l	-	-	-	-	-	-	-	-
26	Sulfatos	mg/l	-	-	-	-	-	-	-	-
27	Níquel	mg/l	-	-	-	-	-	-	-	-
28	Cromo Total	mg/l	-	-	-	-	-	-	-	-
29	Cádmio	mg/l	-	-	-	-	-	-	-	-
30	Cobre	mg/l	-	-	-	-	-	-	-	-
31	Chumbo	mg/l	-	-	-	-	-	-	-	-
32	Zinco	mg/l	-	-	-	-	-	-	-	-
33	Ferro	mg/l	-	-	-	-	-	-	-	-
34	Manganês	mg/l	-	-	-	-	-	-	-	-
35	Dureza Total	mg/l	-	-	-	-	-	-	-	-
36	Alcalinidade Total	mg/l CaCO ₃	-	-	-	-	-	-	-	-
37	Coliformes Fecais	CF/100ml	7,9E+04	6,8E+04	2,6E+05	1,4E+04	4,9E+04	7,2E+04	1,8E+04	8,4E+04
38	Coliformes Totais	CT/100ml	-	1,4E+05	3,0E+05	-	8,1E+04	8,2E+04	2,6E+04	1,7E+05
39	Cor	PtCo	250,00	378,00	445,00	210,00	158,00	352,00	488,00	447,00
40	Vazão (Q)	m ³ /h	125,39	163,26	91,34	120,91	83,43	143,86	99,46	134,51
41	Helminthos	ovos/litro	-	-	-	0,00	0,00	0,00	0,00	2,00

RESULTADOS DO EFLUENTE TRATADO - INDÚSTRIA TÊXTIL COTEMINAS - SÃO GONÇALO DO AMARANTE/RN

	PARÂMETROS/DATA	UND.	24/9/2003	01/10/2003	08/10/2003	15/10/2003	22/10/2003	29/10/2003	05/11/2003	12/11/2003
1	pH	-	8,09	8,35	8,23	8,58	8,15	8,27	8,44	8,33
2	Temperatura	°C	26,00	26,50	26,50	26,30	25,40	24,80	24,90	27,90
3	Condutividade	us/cm	1646,60	1884,80	1739,60	1901,70	1560,00	1614,50	1756,40	1959,00
4	Turbidez	NTU	11,16	12,80	12,98	21,80	19,25	13,57	14,09	13,26
5	Oxigênio Dissolvido	mg/l	4,00	4,10	5,00	4,55	3,45	4,35	4,00	4,73
6	Sólidos Totais	mg/l	1314,00	1326,00	1285,00	1375,00	1109,00	1134,00	1213,00	1472,00
7	Sólidos Totais Fixos	mg/l	1071,00	1075,00	988,00	949,00	838,00	904,00	993,00	1142,00
8	Sólidos Totais Voláteis	mg/l	243,00	251,00	297,00	426,00	271,00	230,00	220,00	330,00
9	Sólidos Suspensos Totais	mg/l	10,00	22,00	14,00	8,00	26,00	6,00	12,00	38,00
10	Sólidos Suspensos Fixos	mg/l	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	8,00
11	Sólidos Suspensos Voláteis	mg/l	10,00	22,00	14,00	8,00	26,00	6,00	12,00	30,00
12	Sólidos Dissolvidos Totais	mg/l	1304,00	1304,00	1271,00	1367,00	1083,00	1128,00	1201,00	1434,00
13	Sólidos Dissolvidos Fixos	mg/l	1071,00	1075,00	988,00	949,00	838,00	904,00	993,00	1134,00
14	Sólidos Dissolvidos Voláteis	mg/l	233,00	229,00	283,00	418,00	245,00	224,00	208,00	300,00
15	Sólidos Decantáveis	ml/l	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
16	DBO	mg/l	29,14	17,61	10,10	8,93	18,16	14,53	14,97	6,97
17	DQO	mg/l	79,04	74,54	161,51	93,18	108,00	77,00	91,59	96,98
18	Cloretos	mg/l	386,62	377,19	345,36	366,31	313,63	319,75	389,59	394,50
19	Nitratos	mg/l N	-	-	-	10,57	10,43	9,80	13,73	12,19
20	Nitritos	mg/l N	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01	0,00	0,00
21	Nitrogênio Kjeldahl	mg/l N	4,48	3,92	7,56	1,12	2,24	3,64	5,60	2,24
22	Nitrogênio Orgânico	mg/l N	0,84	3,36	4,76	0,56	0,56	3,36	4,76	0,56
23	Nitrogênio Amoniacal	mg/l N	3,64	0,56	2,80	0,56	1,68	0,28	0,84	1,68
24	Fósforo Total	mg/l	1,85	1,59	1,64	1,33	1,30	1,43	1,72	1,44
25	Sulfetos	mg/l	-	-	0,18	0,00	0,40	0,60	1,60	1,00
26	Sulfatos	mg/l	-	-	25,00	55,02	53,67	86,91	66,16	104,47
27	Níquel	mg/l	-	-	-	-	-	-	0,011	0,01
28	Cromo Total	mg/l	-	-	-	-	-	-	0,000	0,00
29	Cádmio	mg/l	-	-	-	-	-	-	0,000	0,00
30	Cobre	mg/l	-	-	-	-	-	-	0,048	0,05
31	Chumbo	mg/l	-	-	-	-	-	-	0,043	0,008
32	Zinco	mg/l	-	-	-	-	-	-	0,100	0,034
33	Ferro	mg/l	-	-	-	-	-	-	0,730	0,30
34	Manganês	mg/l	-	-	-	-	-	-	0,008	0,004
35	Dureza Total	mg/l	-	-	-	-	38,44	63,49	85,32	68,62
36	Alcalinidade Total	mg/l CaCO ₃	-	-	452,44	544,79	373,59	341,40	297,53	340,96
37	Coliformes Fecais	CF/100ml	1,2E+04	1,6E+03	1,6E+03	9,9E+04	-	5,6E+03	9,1E+03	1,1E+03
38	Coliformes Totais	CT/100ml	4,4E+04	4,8E+03	3,7E+03	1,2E+05	8,2E+04	2,3E+04	4,3E+04	1,4E+05
39	Cor	PtCo	265,00	435,00	380,00	371,00	261,00	210,00	293,00	408,00
40	Vazão (Q)	m ³ /h	134,51	125,39	68,46	68,46	75,81	68,46	134,51	168,25
41	Helmintos	ovos/litro	0,00	0,00	0,00	1,00	0,00	0,00	0,00	4,00

RESULTADOS DO EFLUENTE TRATADO - INDÚSTRIA TÊXTIL COTEMINAS - SÃO GONÇALO DO AMARANTE/RN

	PARÂMETROS/DATA	UND.	19/11/2003	26/11/2003	03/12/2003	10/12/2003	18/12/2003	24/12/2003	31/12/2003
1	pH	-	9,23	8,36	8,40	8,35	8,05	8,99	8,93
2	Temperatura	°C	28,70	26,00	29,40	26,50	27,50	26,00	26,50
3	Condutividade	us/cm	2609,00	2400,00	2620,00	3117,00	2784,00	2930,00	2405,00
4	Turbidez	NTU	28,10	13,10	13,06	11,95	10,00	7,00	6,00
5	Oxigênio Dissolvido	mg/l	6,10	4,60	3,15	4,50	3,10	3,60	4,40
6	Sólidos Totais	mg/l	2044,00	1768,00	1842,00	2177,00	1742,00	1889,00	1205,00
7	Sólidos Totais Fixos	mg/l	1589,00	1273,00	1446,00	1793,00	1392,00	1613,00	895,00
8	Sólidos Totais Voláteis	mg/l	455,00	495,00	396,00	384,00	350,00	276,00	310,00
9	Sólidos Suspensos Totais	mg/l	36,00	30,00	10,00	14,00	16,00	24,00	18,00
10	Sólidos Suspensos Fixos	mg/l	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	4,00
11	Sólidos Suspensos Voláteis	mg/l	36,00	30,00	10,00	14,00	16,00	24,00	14,00
12	Sólidos Dissolvidos Totais	mg/l	2008,00	1738,00	1832,00	2163,00	1726,00	1865,00	1187,00
13	Sólidos Dissolvidos Fixos	mg/l	1589,00	1273,00	1446,00	1793,00	1392,00	1613,00	891,00
14	Sólidos Dissolvidos Voláteis	mg/l	419,00	465,00	386,00	370,00	334,00	252,00	296,00
15	Sólidos Decantáveis	ml/l	0,00	0,01	0,00	0,00	0,04	0,00	0,00
16	DBO	mg/l	9,97	4,75	9,83	9,44	17,00	5,86	3,65
17	DQO	mg/l	153,79	100,32	130,72	88,42	116,92	120,00	88,42
18	Cloretos	mg/l	450,84	410,41	575,80	650,53	651,76	676,26	431,24
19	Nitratos	mg/l N	15,46	10,65	9,47	7,86	5,14	6,16	6,27
20	Nitritos	mg/l N	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
21	Nitrogênio Kjeldahl	mg/l N	1,68	1,12	7,84	0,56	5,60	7,32	5,21
22	Nitrogênio Orgânico	mg/l N	1,12	0,84	7,56	0,20	3,00	6,72	5,04
23	Nitrogênio Amoniacal	mg/l N	0,56	0,28	0,28	0,36	2,60	0,60	0,17
24	Fósforo Total	mg/l	2,19	1,30	0,33	0,36	0,38	0,36	0,48
25	Sulfetos	mg/l	0,70	0,40	0,60	0,80	0,85	1,24	0,46
26	Sulfatos	mg/l	32,40	72,74	66,32	61,56	82,74	60,27	43,70
27	Níquel	mg/l	0,02	0,031	0,035	0,033	0,031	0,030	0,029
28	Cromo Total	mg/l	0,00	0,00	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
29	Cádmio	mg/l	0,00	0,04	0,040	0,040	0,040	0,038	0,037
30	Cobre	mg/l	0,07	0,30	0,350	0,300	0,310	0,300	0,290
31	Chumbo	mg/l	0,038	0,024	0,058	0,023	0,024	0,022	0,021
32	Zinco	mg/l	0,052	0,044	0,052	0,043	0,044	0,043	0,044
33	Ferro	mg/l	1,13	1,43	0,780	0,750	0,800	0,420	0,290
34	Manganês	mg/l	0,008	0,12	0,080	0,110	0,120	0,110	0,100
35	Dureza Total	mg/l	30,75	23,81	34,72	33,23	34,70	26,79	34,72
36	Alcalinidade Total	mg/l CaCO ₃	804,98	627,65	504,87	536,37	323,94	331,86	271,61
37	Coliformes Fecais	CF/100ml	2,9E+03	1,3E+05	1,5E+04	2,3E+05	3,6E+04	1,9E+05	acima dos limites
38	Coliformes Totais	CT/100ml	4,1E+03	2,4E+05	3,0E+04	3,5E+05	8,8E+04	2,2E+05	acima dos limites
39	Cor	PtCo	530,00	243,00	620,00	506,00	540,00	888,00	380,00
40	Vazão (Q)	m³/h	120,91	120,91	83,43	125,39	206,65	148,63	75,81
41	Helmintos	ovos/litro	1,00	1,00	0,00	0,00	2,00	0,00	0,00