

UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA – UFSC

CENTRO TECNOLÓGICO

PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO

ENGENHARIA QUÍMICA

REUTILIZAÇÃO DE ÁGUA DE RESFRIAMENTO DE CARCAÇAS DE FRANGO

JAMUR GERLOFF

FLORIANÓPOLIS

2008

JAMUR GERLOFF

REUTILIZAÇÃO DE ÁGUA DE RESFRIAMENTO DE CARCAÇAS DE FRANGO

Dissertação apresentada como requisito final à obtenção do título de Mestre em Engenharia Química, Curso de pós-graduação (*estricto sensu*) em Engenharia Química, Universidade Federal de Santa Catarina.

Orientador: Dr. Humberto Gracher Riella

Florianópolis, agosto de 2008

TERMO DE APROVAÇÃO

JAMUR GERLOFF

REUTILIZAÇÃO DE ÁGUA DE RESFRIAMENTO DE CARCAÇAS DE FRANGO

Dissertação apresentada e aprovada como requisito para a obtenção do título de Mestre em Engenharia Química na Universidade Federal de Santa Catarina.

Dr. Humberto Gracher Riella - Orientador

Banca Examinadora

Prof. Dr. Adriano Michael Bernardin, membro externo, UNESC

Prof. Dr. Nivaldo Cabral Kuhnen, membro interno, EQA

Florianópolis, agosto de 2007

DEDICATÓRIA

Dedicamos este trabalho a minha esposa
que me incentivou e me apoiou e se fez
presente em todos os momentos,
compartilhando todas as conquistas e
decepções.

AGRADECIMENTOS

Nossos sinceros agradecimentos a todos que colaboraram direta ou indiretamente com este trabalho. Um especial agradecimento a:

- Engenheiro Químico Dr. Humberto Gracher Riella por aceitar-me como seu orientando e me incentivar na busca de novos conhecimentos;
- Engenheiro Químico Pedro Sprigman proprietário da INTECH Engenharia Ltda. e demais colaboradores, por nos receber em sua empresa e nos dar todo o apoio para a realização do estudo de caso;
- Técnico Eduardo Nunes Pereira Gerente técnico da INTECH Engenharia Ltda. por ter efetuado os ensaios práticos dos testes de jarros.
- Farm. Bioquímico Iran Quint Souza Junior, Gerente Técnico e Ambiental da Agroindustrial instalado nas proximidades de Palhoça e demais colaboradores, por financiar as pesquisas e nos dar todo o apoio para a realização do estudo de caso;
- Engenheira Sanitarista e Ambiental Heloise Cristine Schatzmann por auxiliar e me incentivar na busca de novos conhecimentos;

A todos manifestados o meu MUITO OBRIGADO!!!

EPÍGRAFE

“Provável que a água se transforme numa fonte cada vez maior de tensão e competição entre as nações, se continuarem as tendências atuais, mas também poderá ser um catalisador para viabilizar a cooperação entre os países”.

Kofi Annan

Secretário-Geral da ONU

SUMÁRIO

TERMO DE APROVAÇÃO.....	III
DEDICATÓRIA.....	IV
AGRADECIMENTOS	V
EPIGRAFE	VI
SUMÁRIO.....	VII
LISTA DE FIGURAS	X
LISTA DE TABELAS	XII
LISTA DE SIGLAS	XV
RESUMO.....	XVII
ABSTRACT	18
CAPÍTULO 1	19
1.1 Introdução.....	19
1.2 Definição do Problema	20
1.3 Objetivos.....	21
1.3.1 Objetivo Geral	21
1.3.2 Objetivo Específico	21
1.4 Justificativa	21
1.5 Metodologia	23
1.6 Limitações	24
1.7 Organização do Trabalho	25
2 CAPÍTULO 2.....	26
2.0 Normas e leis aplicadas na refrigeração das carcaças de frango	27
2.0.1 Padrão de potabilidade da água empregada em Chillers de frango	31
2.0.2 Padrão de potabilidade para o consumo humano.....	32
2.1 Classificação do Grau de Pureza da água conforme ASTM.....	35
2.1.1 APLICAÇÕES DA ÁGUA TIPO I (ULTRAPURA):.....	35
2.1.2 APLICAÇÕES DA ÁGUA TIPO II:.....	36
2.1.3 APLICAÇÕES DA ÁGUA TIPO III:.....	36
2.2 Normas da ANVISA e água na Indústria de Alimentos.....	37
2.3 Diretiva CEE de Potabilidade da água.....	38
2.3.1 Aspectos principais da diretiva do Quadro da água	38
2.4 Comparação entre o RIISPOA e Diretiva 98/83/CEE	46
2.5 Aplicação de NBR para Reutilização da água	50
2.6 Normas para reutilização de água no Brasil	50
2.7 Reuso de Água.....	51
2.8 Águas Residuárias.....	52
2.9 Tipos de Reuso	54
2.10 Problemática no Brasil.....	55
2.11 Declaração Universal dos Direitos da Água	56
2.12 Desinfecção.....	57
2.13 Cloro como desinfetante químico	59
2.14 Radiação ultravioleta	60
2.14.1 Efeitos da radiação ultravioleta sobre a saúde humana.....	61
2.14.2 Descrição física da radiação ultravioleta.....	61
2.14.3 Fundamentos da desinfecção com radiação ultravioleta	63
2.14.4 Cinética da desinfecção com radiação UV.....	66

2.14.5	Descrição do efeito radiação ultravioleta aos microorganismos	70
2.15	Coagulação/Floculação	72
2.15.1	Sistema Coloidal	73
2.15.2	Flotação	74
2.15.3	Floculação.....	75
2.15.4	Potencial Zeta	77
2.15.5	Coagulação.....	79
2.15.6	Mistura Rápida.....	81
2.15.7	Mecanismos da Coagulação.....	82
2.15.8	Coagulantes.....	83
2.15.9	Floculação.....	86
2.15.10	Gradiente de Velocidade	87
2.15.11	Os Polímeros Utilizados como Floculantes	88
2.15.12	Teste de Jarros.....	89
2.15.13	Remoção de Nutrientes pelo Processo de Coagulação/Floculação ...	96
2.16	Flotação.....	97
2.16.1	Aplicação do Processo de Flotação no Tratamento de Líquidos	97
2.17	Considerações Gerais sobre o Processo de Flotação na Área Ambiental	98
2.18	Princípios Básicos	98
2.18.1	Probabilidade de Colisão	99
2.18.2	Probabilidade de Adesão	99
2.18.3	Probabilidade de Permanência ou Resistência na Levitação	100
2.18.4	Probabilidade de Remoção ou Coleta.....	101
2.18.5	Influência da Vazão de Ar no Processo de Flotação	101
2.19	Descrição das técnicas laboratoriais solicitadas pelo RIISPOA:	102
2.19.1	Determinação da Matéria Orgânica	102
2.19.2	Sólidos em Suspensão Totais.....	104
2.19.3	Turbidez.....	104
2.19.4	Análises Microbiológicas.....	105
2.19.5	NÚMERO MAIS PROVÁVEL DE COLIFORMES TOTAIS E COLIFORMES TERMOTOLERANTES EM ÁGUA E GELO	109
3	CAPÍTULO 3	111
3.1	MATERIAIS E MÉTODOS.....	111
3.1.1	Materiais	111
3.1.2	Descrição global de toda a metodologia	113
3.2	Descrição do processo da captação da água até o emprego.....	118
3.3	Sugestão fluxograma de trabalho proposto:.....	120
3.4	Levantamento de dados para viabilização técnica:	122
4	123
5	CAPÍTULO 4	124
5.1	Caracterização da água de Chiller de carcaça de Frango.....	124
5.2	Dados das análises do Teste de Jarros do Chiller 02	126
6	CAPÍTULO 5	131
6.1	Avaliação dos dados da caracterização da água de Chiller 02	131
6.2	Avaliação dos dados do teste de jarros da água de Chiller 02.....	135
6.2.1	Dados do processo durante a data da coleta do teste de Jarros.	135
6.2.2	Avaliação do efluente clarificado obtido durante o teste de Jarros.	138
6.2.3	Avaliação microbiológica do teste de jarros 01.....	141
6.2.4	Avaliação química do teste de jarros 02.	143
6.3	Conclusões sobre o programa químico do teste de jarros.....	146

7	Apêndice 03 – Dados Toxicológicos dos Contaminantes	147
7.1.1	Arsênio.....	147
7.1.2	Chumbo Inorgânico.....	148
7.1.3	Cobre	150
7.1.4	Selênio	151
7.1.5	ZINCO.....	152
8	153
9	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	153

LISTA DE FIGURAS

Figura 01: Fluxo das aplicações das diretivas de utilização da água na CEE.....	41
Figura 02: Espectro eletromagnético das radiações	62
Figura 03: Espectro da radiação UV (100 - 400 nm)	64
Figura 04: Nucleotídeos formadores do DNA.....	65
Figura 05: Diferenças entre os processos de floculação convencional e a floculação pneumática em linha.	76
Figura 06: Formação dos flocos aerados no processo de floculação pneumática em linha.....	76
A figura 07: Representa o comportamento da configuração da Dupla Camada Elétrica. Representação de uma partícula coloidal negativa, com uma nuvem de cargas positivas ao seu redor.....	78
Figura 08: Desestabilização das cargas dos colóides, com subsequente formação de aglomerados de partículas.	81
Figura 09: (a) Esquema do filtro de laboratório de areia e (b) foto do filtro acoplado ao sistema de drenagem.....	94
Figura 10: Fenômeno de captura (colisão mais adesão) de partículas de diâmetro d_p por bolhas de diâmetro d_b dentro de um raio crítico r_c	100
Figura 11: Câmara de Luz Ultra-Violeta	113
Figura 12: Apresenta o fluxograma de trabalho para Teste de Jarros	116
Figura 13: Apresenta o fluxograma de trabalho para Teste de Jarros final com emprego das lâmpadas Ultravioletas (efeito germicida).....	117
Figura 14: Fluxograma dos destinos de consumo da água normalmente realizado pelos frigoríficos.	119
Figura 15: Fluxograma do processo normalmente realizado pelos frigoríficos... ..	120
Figura 16 – Fluxograma do processo proposto e modelo de tratamento proposto pelo estudo.....	122
Figura 17 - Imagem do efluente bruto.	129
Figura 18 - Imagem do clarificado obtido da amostra com a melhor formação de floco.....	130

Figura 19: Gráfico temporal do processo do Chiller 02 na data da coleta para o estudo da curva de caracterização da água descartada. Valores na ordenada com unidades físicas conforme legenda. 131

Figura 20: Gráfico com caracterização e processo industrial dos Chillers 02 na data da coleta para o estudo da curva de caracterização da água descartada do chiller. Valores na ordenada com unidades físicas conforme legenda. (Óleos e graxas, sólidos totais e Sólidos Suspensos totais em mg/l) 132

Figura 21: Gráfico com os dados verificados na água descartada do pré chiller e Chillers 02 na data da coleta para o estudo da curva de caracterização da água do chiller. Valores na ordenada com unidades físicas conforme legenda..... 133

Figura 22: Gráfico do controle microbiano na água descartada do Chillers 02 na data da coleta para o estudo da curva de caracterização da água. Valores na ordenada com unidades físicas conforme legenda. 134

Figura 23: Gráfico do controle de cloro com os dados verificados na água descartada do Chillers 02 na data da coleta para o estudo da curva de caracterização da água. Valores na ordenada com unidades físicas conforme legenda. 134

Figura 24: Gráfico do processo industrial dos Chillers 02 na data da coleta para o estudo do teste de jarros. Valores na ordenada com unidades físicas conforme legenda. 136

Figura 25: Gráfico com os dados verificados na água descartada do pré chiller e Chillers 02 na data da coleta para o estudo do teste de jarros. Valores na ordenada com unidades físicas conforme legenda. 137

LISTA DE TABELAS

Tabela 01: Poluentes das Águas e Seus Efeitos para a Saúde	20
Tabela 02: Padrão de aceitação para consumo humano	33
Tabela 03: Padrão microbiológico de potabilidade da água para consumo humano	34
Tabela 04: Padrão de turbidez para água pós-filtração ou pré-desinfecção	34
Tabela 05: Padrões de pureza segundo a ASTM dos Estados Unidos.....	35
Tabela 06: Parâmetros Microbiológicos de controle da água conforme União Européia.....	42
Tabela 07: Parâmetros Químicos de controle da água conforme União Européia.	43
Tabela 08: Comparação das análises microbiológicas entre a Diretiva 98/83/CEE e o RIISPOA art. 62.....	46
Tabela 09: Comparação das análises químicas considerando a Diretiva 98/83/CEE e o RIISPOA	48
Tabela 10: Comparação das análises químicas considerando a Diretiva 98/83/CEE.....	48
Tabela 11: Características dos principais desinfetantes utilizados no tratamento da água para consumo humano.....	58
Tabela 12: Compostos clorados, com suas respectivas porcentagens de cloro ativo.....	59
Tabela 13: Efeitos e Conseqüências da Radiação Ultravioleta sobre a Saúde Humana.....	61
Tabela 14: Onda Ultravioleta designações.....	62
Tabela 15: Doses letais aproximadas de radiação ultravioleta.....	63
Tabela 16: Constantes de Inativação UV de alguns microrganismos	68
Tabela 17: Doses mínimas de UV recomendadas para desinfecção	69
Tabela 18: Principais características dos reagentes utilizados.	112
Tabela 19: Metodologias laboratoriais empregadas para as análises requisitadas pelo RIISPOA artigo 62.	114

Tabela 20: Análises e parâmetros químicos a serem avaliados no Teste de jarros conforme RIISPOA.....	116
Tabela 21: Análises microbiológicas e parâmetros de acordo com RIISPOA, avaliados no Teste de jarros.	117
Tabela 22: Análises efetuadas para caracterização da água descartada do chiller.	123
Tabela 23: Dados de caracterização química da água descartada do Chiller 02 conforme art. 62 do RIISPOA.....	124
Tabela 24: Dados do processo industrial dos Chillers 01 e 02.....	124
Tabela 25: Resultados analíticos que avaliam a performance do programa químico efetuado na água de chiller.....	126
Tabela 26: Dados de caracterização química da água descartada do Chiller 02 conforme art. 62 do RIISPOA.....	127
Tabela 27: Dados de analisados durante o Teste de Jarros.	127
Tabela 28: Dados de caracterização microbiológica da água descartada do Chiller 02 conforme art. 62 do RIISPOA.....	128
Tabela 29: Dados do processo industrial dos Chillers 01 e 02 na data da coleta para o estudo de teste de jarros.....	128
Tabela 30: Valores médios para dimensionamento de um sistema de reuso de água de chiller dados verificados na água descartada do Chillers 02 na data da coleta para o estudo da curva de caracterização da água.	135
Tabela 31: Avaliação de performance de resultados analíticos do clarificado sobre o programa químico efetuado no teste de jarros na água de chiller 02.....	138
Tabela 32: Avaliação de resultados analíticos do clarificado sobre o programa químico efetuado no teste de jarros 01 na água de chiller 02. PARTE A.....	139
Tabela 33: Avaliação de resultados analíticos do clarificado sobre o programa químico efetuado no teste de jarros 01 na água de chiller 02. PARTE B.....	140
Tabela 34: Avaliação de resultados das Amostra 4 e 5 (água bruta e clarificado do teste de jarros sem exposição a UV) microbiológicos do clarificado sobre o programa químico efetuado no teste de jarros 01 na água de chiller 02.....	141
Tabela 35: Avaliação de resultados das Amostras 4 e 6 (água bruta e clarificado do teste de jarros com exposição há UV 30 segundos) análises microbiológicas do clarificado sobre o programa químico efetuado no teste de jarros 01 na água de chiller 02.....	142

Tabela 36: Avaliação de resultados das Amostras 4 e 7 (água bruta e clarificado do teste de jarros com exposição à UV 1 minuto) análises microbiológicas do clarificado sobre o programa químico efetuado no teste de jarros 01 na água de chiller 02..... 142

Tabela 37: Avaliação de resultados das Amostras 4 e 7 (água bruta e clarificado do teste de jarros com exposição à UV durante 1 minuto) análises microbiológicas do clarificado sobre o programa químico efetuado no teste de jarros 01 na água de chiller 02..... 143

Tabela 38: Avaliação de resultados analíticos do clarificado sobre o programa químico efetuado no teste de jarros 02 na água de chiller 02. PARTE A..... 143

Tabela 39: Avaliação de resultados analíticos do clarificado sobre o programa químico efetuado no teste de jarros 02 na água de chiller 02. PARTE B..... 145

LISTA DE SIGLAS

ABNT - Associação Brasileira de Normas Técnicas

AND – Ácido Desoxirribonucléico

ANVISA – Agência Nacional de Vigilância Sanitária

ASTM - American Society for Testing and Materials

APHA – American Public Health Association

APPCC – Análise de Perigos e Pontos Críticos de Controle

AWWA – American Water Works Association

BPF – Boas Práticas de Fabricação

CEE - Comunidade Econômica Européia.

CONAMA – Conselho Nacional Do Meio Ambiente

DIPOA - Departamento de Inspeção de Produtos de Origem Animal

DTA – Doenças Transmitidas por Alimentos

EPA - Agência de Proteção Ambiental dos Estados Unidos

ETAR – Estação de Tratamento de Água Residuária

FF – Processo de floculação pneumática em linha e separação por flotação

FLA – Filtro de Laboratório de Areia

LST – Lauril Sulfato Triptose

NBR – Norma Brasileira

NMP – Número Mais Provável

NR – Norma Regulamentadora

OMS – Organização Mundial de Saúde

ONU – Organização das Nações Unidas

PAC – Poly Aluminium Chloride

pH – potencial Hidrogeniônico

RIISPOA - Regulamento de Inspeção Industrial e Sanitária dos Produtos de Origem Animal

RNA – Ácido Ribonucléico

SCC – Superintendência de Cobrança e Conservação

SIF - Serviço de Inspeção Federal do Ministério da Agricultura.

SST – Sólidos em Suspensão Totais

USEPA – United States Environmental Protection Agency

WEF – American Water Works Association

WHO - World Health Organizati

NTU - Unidades Nefelométricas de Turbidez

RESUMO

Com o objetivo de comprovar a viabilidade técnica e econômica de um modelo de reutilização de água na indústria de frango se desenvolveu o referido estudo. A viabilização do presente estudo é extremamente atrativa pelo aspecto econômico e principalmente na atual situação mundial onde os recursos naturais estão cada vez mais limitados como a água potável, portanto é possível adotar tecnologias como retratadas no trabalho colaborando para preservação das águas servidas.

Caracterizou-se a água descartada do resfriamento de carcaças de frango e elaborou-se a curva característica do comportamento do processo dentro das análises químicas partindo-se do RIISPOA como conceito das delimitações técnicas a serem verificadas e as performances a serem atingidas como padrões de potabilidade aos fins industriais específicos.

O emprego de uma micro peneira, subsequentemente um tratamento físico químico para redução de material disperso no efluente e uma posterior degerminação com emprego de sistemas de lâmpadas ultravioletas associado à adição de cloro suficiente para atender aos requisitos normativos e promover o efeito residual germicida foi objetivamente o modelo de trabalho adotado.

Palavras chave: Ultravioleta germicida, reutilização de água, água de refrigeração de carcaça de frango, Chiller de frango,

Palavras chave: Ultravioleta germicida, reutilização de água, água de refrigeração de carcaça de frango, Chiller de frango.

ABSTRACT

In order to prove the technical feasibility and cost of a model for the reuse of water in the chicken industry has developed this study. The feasibility of this study is extremely attractive by the economic aspect and particularly in the current world situation where natural resources are increasingly limited so it is possible to adopt technologies as portrayed in the work collaborating for preservation of water served.

It was characterized to the cooling water of discarded carcasses of chicken and prepared to curve characteristic of the behaviour of the process within the chemical analysis on RIISPOA as is the concept of boundaries techniques to be verified and performances with the model the adequacy of the chemical characteristics to be achieved as the drinking patterns of specific industrial purposes.

The use of a micro screen, then a treatment for physical chemical reduction of material dispersed in the effluent and a subsequent degerminação with employment systems, ultraviolet lamps associated with the addition of chlorine sufficient to meet the regulatory requirements and promote the residual effect would be objectively the germicidal type of work done.

Key words: Ultraviolet germicidal, reuse of water, water for cooling the carcass of chicken, Chiller of the chicken.

CAPÍTULO 1

1.1 Introdução

A água que entra em um estabelecimento de indústria de alimentos deve ter qualidade compatível com seu uso. Um exemplo: água necessária para a limpeza dos corredores não precisa ter a mesma qualidade da água utilizada nos laboratórios de análises. Assim, para a obtenção de diferentes qualidades de água, é necessário que os tratamentos aplicados, assim como os parâmetros utilizados na avaliação destas águas, sejam também diferenciados.

Diversos organismos patogênicos podem ser encontrados nos despejos domésticos e nos efluentes de abatedouros de animais. Estes organismos são inofensivos ao homem e, por serem facilmente determinados em laboratório, são utilizados como indicadores da presença de agente patogênicos. A água infectada pode transmitir doenças como cólera, febre tifóide e paratifeóide e disenterias (Galvão, 1990, p. 59).

O nitrogênio e o fósforo são elementos nutrientes essenciais ao crescimento vegetal. Quando lançados ao ambiente, podem provocar uma proliferação excessiva e indesejável na vida vegetal aquática, fenômeno conhecido como eutrofização. Quando lançados em grande quantidade no solo, podem poluir os lençóis subterrâneos de água (Galvão, 1990, p. 60).

Segue uma tabela onde descrevemos as substâncias químicas normalmente presentes nas águas dos efluentes e seus efeitos para a saúde.

Tabela 01: Poluentes das Águas e Seus Efeitos para a Saúde

Substâncias	Fonte	Riscos à Saúde
Solventes Clorinados	Desengraxantes químicos, manutenção de máquinas,	Câncer
Trihalometanos	Produzidos por reações químicas nas águas tratadas com cloro.	Danos ao fígado e rins, possibilidade de câncer.
Policlorinatos Bifenis (PCBs)	Restos de várias operações manufatureiras inadequadas.	Danos ao fígado e possibilidade de câncer.
Chumbo	Bombeamento do óleo e soldamento dos sistemas de distribuição pública de águas em moradias e outras construções	Problemas nervosos, dificuldades no aprendizado, defeitos congênitos, possibilidade de câncer.
Bactérias Patogênicas, Vírus	Vazamento dos tanques, esgoto sem tratamento.	Doenças intestinais, doenças mais sérias.

Fonte: Corson (1993, p. 166)

Para assegurar a adequação dos suprimentos de água, uma prioridade para qualquer região é a administração mais apropriada das bacias hidrográficas. Uma segunda prioridade é conservar a água e evitar o gasto desnecessário. O incentivo à reutilização das águas poderia melhorar, em muito, a eficiência do uso das águas.

1.2 Definição do Problema

A problemática se resume na reutilização da água de processo de resfriamento de carcaças de frango de forma a reduzir o consumo deste recurso natural, atualmente em situação de escassez, com os padrões de potabilidade para o consumo humano e ou industrial.

1.3 Objetivos

1.3.1 Objetivo Geral

Estudar e avaliar uma rotina de diagnóstico para dimensionamento de capacidades de tratamentos de efluentes de forma a viabilizar tecnicamente a implantação de equipamentos que estabilizem os parâmetros de potabilidade exigidos pelos órgãos fiscalizadores da saúde pública, adotando todas as medidas adequadas como condição de reuso da água tratada .

1.3.2 Objetivo Específico

Realizar estudo de caso de reuso de água industrial em sistemas de resfriamento de carcaças de frango, conforme descrição das etapas abaixo:

- estudar e avaliar o comportamento do processo de tratamento de água principalmente nos parâmetros de interesse para condição de potabilidade;
- identificar e analisar itens que objetivamente oferecem riscos de operação e manutenção do sistema de reutilização de água e avaliar a possibilidade do tratamento mais adequado para processo de recuperação de potabilidade.
- avaliar os resultados obtidos, e,
- sugerir processos de tratamento de forma a possibilitar o reuso industrial da mesma água de processo.

1.4 Justificativa

Os projetos e sistemas de tratamento de efluentes com objetivo de reuso são práticas muito presentes na atualidade com extensas investigações na Europa e em regiões onde a água potável tem sido uma limitação à presença da vida.

O planeta Terra é formado por grande massa de água (oceanos e mares), que ocupa três quartos da área total do planeta, desta forma, 97,3% de água é salgada, inadequada ao consumo, e apenas 2,7% é água doce, onde apenas 0,3% se encontra disponível para consumo. (ONU, 2003)

Constatou-se que: um quarto da população mundial não tem acesso à água potável, mais da metade da humanidade não conta com saneamento básico, a falta de tratamento da água para consumo humano está entre as causas

de mortes e doenças por vinculação hídrica, desequilíbrio meteorológico, escassez da água, má distribuição de renda e poluição. (ONU, 1998)

Em função da progressiva ausência de oferta de água potável em quantidade e qualidade, os projetos de reuso se tornam cada vez mais atrativos. E estudos que demonstrem viabilidade técnica e econômica acabam por ser cada vez mais de interesse da indústria de alimentos, que no seu processamento apresenta elevados consumos na sua natureza.

Como a indústria já está comprometida com processos de redução de custos com uso da água e como já estão sendo criados meios legais de responsabilizá-la pelo consumo de água acima da disponibilidade natural (OUTORGA), cabe aos engenheiros e empresários se preocuparem com o uso indiscriminado com a qualidade da água empregada, além de colaborar para o equilíbrio sócio-econômico do país.

Não é de hoje que a água é considerada um patrimônio mundial. A ONU, em Março de 1992, redigiu um documento intitulado “Declaração Universal dos Direitos da Água”. Em seu item 3 determina: “Os recursos naturais de transformação da água em água potável são lentos, frágeis e muito limitados. Assim sendo, a água deve ser manipulada com racionalidade, precaução e parcimônia”.

Nos últimos anos, a agricultura brasileira atravessou um processo radical de transformação: a produção agrícola ampliou-se rapidamente, elevando a oferta de matérias-primas; o processo de modernização aprofundou-se, abrindo um significativo mercado interno para a produção industrial; e a incorporação de novas áreas à produção integrou à economia nacional zonas antes isoladas (KAGEYAMA & GRAZIANO DA SILVA, 1983).

Para a indústria, a água é essencial para seus processos produtivos. O uso racional ou eficiente da água é hoje pensamento constante em quase todos os segmentos industriais seja pelo impacto econômico que pode trazer, pela responsabilidade social assumida ou devido às políticas ambientais implementadas.

Para os frigoríficos observa-se um consumo obrigatório de água nos tanques de resfriamento de carcaça de frangos (Chillers de carcaças) conforme RIISPOA, normativa que pretende garantir um nível de potabilidade e controle de contaminações cruzadas entre carcaças das aves abatidas com o emprego de água numa taxa de consumo em relação ao número de carcaças introduzidas no Chiller. No entanto observa-se que este consumo de água corresponde de 15 a 27% do total da água consumida por dia por um frigorífico, por exemplo, um abate com 62.000 aves dia poderá consumir 300 m³/dia, onde todo complexo consome 1200 m³/dia, o que corresponde a 25% da água consumida. Este consumo poderá ser reduzido persistindo somente a água oriunda do gelo introduzido com objetivo de redução da temperatura da água empregada no resfriamento de carcaças de frango. Assim pode-se manifestar que existem dois atrativos ambientais e econômicos com a redução do consumo de água de Chiller: a) Redução direta da água potável captada e da água de efluente formada no processo produtivo; b) Redução do consumo energético para resfriamento da água captada uma vez que a água condicionada no processo de potabilização irá ser reintroduzida com temperaturas mais inferiores que a água captada.

Diante destes fatos, considerou-se importante contribuir nesta área da Engenharia Química, associando diversas literaturas de projeto e regulamentação do emprego da água na indústria de alimentos, de forma a viabilizar o reuso da água obedecendo todos os parâmetros químicos restritivos regulamentados. Desta forma o projeto visou colaborar para redução do consumo da água no processo produtivo de abatedouros de aves uma vez que água hoje é observada como um limitado recurso no planeta Terra.

1.5 Metodologia

A natureza da pesquisa utilizada neste estudo visa estabelecer uma análise qualitativa dos padrões de potabilidade da água de forma a atender o RISPOA em seus principais parâmetros, isto é, os termos dos parâmetros a serem atendidos e as expectativas dos equipamentos não atender em valores toleráveis. A avaliação qualitativa é baseada em avaliações de caracterização do efluente produzido do processo e aspectos de performance mínimos a serem atendidos pelos equipamentos.

Utilizou-se para a elaboração desse trabalho o método descritivo. Este método consiste em descrever o conteúdo abordado em seqüência lógica, além do processo.

As técnicas utilizadas foram o:

- Levantamento *documental e bibliográfico* de informações disponíveis sobre os procedimentos e performances esperadas dos equipamentos a serem implantados para serem atendidas as normas de potabilidade permitindo o reuso no processo Industrial;
- Levantamento *técnico-documental e bibliográfico* (específico) sobre potabilidade, técnicas aplicáveis para purificação da água, dados construtivos e especificações técnicas de máquinas utilizadas no processo de tratamento da água;
- Aplicação prática das técnicas de testes de redução microbiológica sobre o efeito da radiação e teste de jarros com o efluente específico produzido no processo industrial.

1.6 Limitações

Este trabalho limitou-se a apresentar os conceitos de análises e utilização de um diagnóstico para viabilização do modelo de reutilização industrial da água do processo de forma a atender os padrões do RISPOA que é a regulamentação mais exigente aos padrões de potabilidade de processo.

Como o universo de máquinas é imenso e complexo, as informações contidas neste estudo são genéricas, ou seja, não será abordada nenhuma particularidade de máquinas específicas.

Não se pretende, no entanto, esgotar o assunto, mas aplicar o conhecimento adquirido das técnicas estudadas dentro do que for possível no estudo de caso realizado.

1.7 Organização do Trabalho

Esta dissertação está organizada em cinco capítulos abordando um estudo de caso para ilustrar a identificação de riscos potenciais em um tipo de máquina através de técnicas de análise de riscos.

No capítulo 1 estarão explicitadas a introdução, os objetivos, as justificativas, a metodologia e as limitações deste trabalho.

No capítulo 2 serão abordadas as revisões bibliográficas, uma breve pesquisa referente a viabilidade de aplicação da reutilização da água com descrição de todas as normativas e exigências para aplicar ao estudo de caso em uma indústria de alimentos.

No capítulo 3 é apresentada a proposta de trabalho e suas etapas para o desenvolvimento do estudo de caso.

No capítulo 4, os resultados serão expostos.

No capítulo 5, serão apresentadas as conclusões obtidas, bem como as contribuições e as recomendações para futuros trabalhos.

Ao final, estarão listadas as bibliografias consultadas para a elaboração deste trabalho.

CAPÍTULO 2

As águas são distribuídas de forma bastante desigual em todo o mundo. Elas cobrem três quartos da superfície da terra, no entanto, mais de 97% das águas do planeta são salgadas e menos de 3% são de água doce. Dessa última, 77% estão congeladas nos círculos polares; 22% compõem-se de águas subterrâneas; e a pequena fração restante encontra-se nos lagos, rios, plantas e animais (Bello, 2000).

A água é um recurso natural renovável, de valor inestimável. Mais que um insumo indispensável à produção, é um recurso estratégico para o desenvolvimento econômico. Ela é vital para a manutenção dos ciclos biológicos, geológicos e químicos, que mantêm em equilíbrio os ecossistemas. (Capobianco, 1999).

Problemas com o fornecimento de água doce e com a qualidade da água são de importância imediata e fundamental. O crescimento populacional e as exigências crescentes por energia e alimentos, estão impondo grandes demandas tanto pela quantidade, quanto pela qualidade dos suprimentos de água doce. Para prevenir a escassez, as nações devem exercer um gerenciamento mais eficiente desse recurso, introduzir a reciclagem, prevenir a poluição e promover sua conservação. Escassez futura de água tenderá a limitar o crescimento na agricultura, indústria e poderá por em risco a saúde, a nutrição e o desenvolvimento econômico.

Apesar de o Brasil ter 8% de toda a água doce existente na superfície do mundo e a maior bacia hidrográfica, vive a dor da distribuição desigual de seus recursos hídricos. Isso porque 80% do volume total dessas águas estão concentradas na região norte, que tem a menor densidade populacional do país – apenas 5% dos brasileiros. (Bello, 2000). Entenda-se, portanto, que, 95% dos habitantes dividem 20% das águas restantes. A consequência imediata desse quadro é a crônica escassez hídrica em algumas áreas, como o nordeste (Novaes, 1999).

Segundo a Associação Interamericana de Engenharia Sanitária e Ambiental, dos 113 milhões de pessoas que vivem hoje no Brasil urbano, 75

milhões não possuem esgoto sanitário e 20 milhões não possuem água encanada (Bello, 2000).

No mundo, mais de 20 países já sofrem com a falta de água e, segundo estimativas da Organização das Nações Unidas, nos próximos 25 anos, 2,8 bilhões de pessoas viverão em regiões de seca crônica, afinal, os recursos hídricos existentes são os mesmos desde que o mundo é mundo (Novaes, 1999).

2.0 Normas e leis aplicadas na refrigeração das carcaças de frango

O órgão responsável pela fiscalização de abatedouros de aves é o Departamento de Inspeção de Produtos de Origem Animal (Dipoa), vinculado à Secretaria de Defesa Agropecuária (SDA) do Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (Mapa).

Pela Portaria 210 do Ministério Agricultura, Pecuária e Abastecimento, de 10 de novembro de 1998, que aprova o Regulamento Técnico de Inspeção Tecnológica e Higiênico-Sanitária de Carne de Aves, fica clara a obrigatoriedade da refrigeração das carcaças de frango imediatamente após as etapas de evisceração e lavagem.

Abaixo seguem algumas das definições que estão na Portaria 210:

Carcaça: entende-se pelo corpo inteiro de uma ave após insensibilização ou não, sangria, depenagem e evisceração, onde papo, traquéia, esôfago, intestinos, cloaca, baço, órgãos reprodutores e pulmões tenham sido removidos. É facultativa a retirada dos rins, pés, pescoço e cabeça.

Resfriamento: é o processo de refrigeração e manutenção da temperatura entre 0°C (zero grau centígrado) a 4°C (quatro graus centígrados positivos) dos produtos de aves (carcaças, cortes ou recortes, miúdos e/ou derivados), com tolerância de 1°C (um grau) medidos na intimidade dos mesmos.

Pré-resfriamento: é o processo de rebaixamento da temperatura das carcaças de aves, imediatamente após as etapas de evisceração e lavagem realizadas por sistema de imersão em água gelada e/ou água e gelo ou

passagem por túnel de resfriamento, obedecidos os respectivos critérios técnicos específicos.

Congelamento: é o processo de refrigeração e manutenção a uma temperatura inferior á -12°C, dos produtos de aves (carcaças, cortes ou recortes, miúdos ou derivados) tolerando-se uma variação de até 2°C (dois graus centígrados), medidos na intimidade dos mesmos.

Abaixo estão transcritos alguns trechos da Portaria 210 que tratam sobre o resfriamento da carcaça de aves. A numeração dos itens do texto é a mesma que está na Portaria e não estão na ordem, pois só estão transcritos alguns trechos do documento.

4.5. PRÉ-RESFRIAMENTO

4.5.1. Poderá ser efetuado através de:

4.5.1.1. Aspersão de água gelada;

4.5.1.2. Imersão em água por resfriadores contínuos, tipo rosca sem fim;

4.5.1.3. Resfriamento por ar (câmaras frigoríficas);

4.5.1.4. Outros processos aprovados pelo DIPOA.

4.5.2. A renovação de água ou água gelada dos resfriadores contínuos tipo rosca sem fim, durante os trabalhos, deverá ser constante e em sentido contrário à movimentação das carcaças (contracorrente), na proporção mínima de 1,5 (um e meio) litros por carcaça no primeiro estágio e 1,0 (um) litro no último estágio.

No sistema de pré-resfriamento por aspersão ou imersão por resfriadores contínuos, a água utilizada deve apresentar os padrões de potabilidade previstos no Artigo 62 do RIISPOA, (não sendo permitida a recirculação da mesma).

A temperatura da água do sistema de pré-resfriamento por imersão não deve ser superior a 4°C.

Se existirem diversos tanques, a entrada e a saída de água utilizada em cada tanque devem ser reguladas, de modo a diminuir progressivamente no sentido do movimento das carcaças, sendo que a água renovada no último tanque não seja inferior a:

- 1 (um) litro por carcaça, para carcaças com peso não superior a 2,5 (dois quilos e meio);

- 1,5 (um meio) litros por carcaça, para carcaças com peso entre 2,5 (dois quilos e meio) a 5,0 (cinco quilos);

- 2 (dois) litros por carcaça para carcaças com peso superior a 5 (cinco) quilos.

4.5.2.1. a água utilizada para encher os tanques ou estágios dos resfriadores por imersão

(4.5.1.2) pela primeira vez, não deve ser incluída no cálculo dessas quantidades;

4.5.2.2. o gelo adicionado ao sistema de pré-resfriamento por imersão (4.5.1.2), deve ser considerado nos cálculos das quantidades definidas para renovação constante de água no sistema;

4.5.3. Nos tanques de pré-resfriamento por imersão (4.5.1.2) com emprego de etanoglicol, amônia e/ou similares, a renovação deve ser igualmente contínua, nos termos do item.

"4.5.2" acima, e com água gelada;

4.5.4. A água de renovação do sistema de pré-resfriamento por imersão (4.5.1.2) poderá ser hiperclorada, permitindo-se no máximo 5 ppm de cloro livre;

4.5.5. A temperatura da água residente, medida nos pontos de entrada e saída das carcaças do sistema de pré-resfriamento por imersão (4.5.1.2), não deve ser superior a 16°C e 4°C, respectivamente, no primeiro e último estágio,

observando-se o tempo máximo de permanência das carcaças no primeiro, de trinta minutos.

4.5.6. Cada tanque do sistema de pré-resfriadores contínuos por imersão deve ser completamente esvaziado, limpo e desinfetado, no final de cada período de trabalho (oito horas) ou, quando se fizer necessário, a juízo da Inspeção Federal;

4.5.7. O reaproveitamento da água nos pré-resfriadores contínuos por imersão poderá ser permitido, desde que venha a apresentar novamente os padrões de potabilidade exigidos, depois de adequado tratamento;

4.5.8. A temperatura das carcaças no final do processo de pré-resfriamento deverá ser igual ou inferior a 7°C. Tolerar-se a temperatura de 10°C, para as carcaças destinadas ao congelamento imediato;

4.5.9. Os miúdos devem ser pré-resfriados em resfriadores contínuos, por imersão, tipo rosca sem fim, obedecendo a temperatura máxima de 4°C e renovação constante da água, no sentido contrário aos movimentos dos mesmos, na proporção mínima de 1,5 (um e meio) litros por quilo;

4.5.10. Quando empregada a injeção de ar nos tanques de pré-resfriamento por imersão;

(4.5.1.2) para efeito de movimentação de água (borbulhamento), deverá o mesmo ser previamente filtrado;

4.5.11. O sistema de pré-resfriamento em resfriadores contínuos por imersão (4.5.1.2) deve dispor de equipamentos de mensuração que permitam o controle e registro constante:

4.5.11.1. Da temperatura da água do tanque, nos pontos de entrada e saída das carcaças (termômetro);

4.5.11.2. Do volume de água renovada no primeiro e último estágio do sistema (hidrômetro ou similar).

2.0.1 Padrão de potabilidade da água empregada em Chillers de frango

A água potável deve estar em conformidade com o padrão: Conforme artigo 62, do Regulamento da Inspeção Industrial e Sanitária de Produtos de Origem Animal – RIISPOA:

Nos estabelecimentos de produtos de origem animal destinados à alimentação humana, é considerada básica, para efeito de registro ou relacionamento, a apresentação prévia de boletim oficial de exame da água de abastecimentos, que deve se enquadrar nos padrões microbiológicos e químicos seguintes:

a) não demonstrar, na contagem global mais de 500 (quinhentos) germes por mililitro;

b) não demonstrar no teste presuntivo para pesquisa de coliformes maior número de germes do que os fixados pelos padrões para 5 (cinco) tubos positivos na série de 10 ml (dez mililitros) e 5 (cinco) tubos negativos nas séries de 1 ml (um mililitro) e 0,1 (um décimo de mililitro) da amostra;

c) a água deve ser límpida, incolor, sem cheiro e de sabor próprio agradável;

d) não conter mais de 500 (quinhentas) partes por milhão de sólidos totais;

e) conter no máximo 0,005 g (cinco miligramas) por litro, de nitrogênio amoniacal;

f) ausência de nitrogênio nitroso e de sulfídrico;

g) no máximo 0,002 g (dois miligramas) de nitrogênio nítrico por litro;

h) no máximo 0,002 g (dois miligramas) de matéria orgânica, por litro;

i) grau de dureza inferior a 20 (vinte);

j) chumbo, menos de 0,1 (um décimo) de parte por milhão;

k) cobre, menos de 3 (três) partes por milhão;

l) zinco, menos de 15 (quinze) partes por milhão;

m) cloro livre, máximo de 1 (uma) parte por milhão, quando se tratar de águas cloradas e cloro residual mínimo de 0,05 (cinco centésimos) partes por milhão;

n) arsênico, menos de 0,05 (cinco centésimos) partes por milhão.

o) fluoretos, máximo de 1 (uma) parte por milhão;

p) selênio, máximo de 0,05 (cinco centésimo) partes por milhão;

q) magnésio, máximo de 0,03 (três centésimos) partes por milhão;

r) sulfatos, no máximo 0,010 g (dez miligramas), por litro;

s) componentes fenólicos, no máximo 0,001 (uma milésima) parte por milhão.

§ 1º - Quando as águas revelem mais de 500 (quinhentos) germes por mililitro, impõe-se novo exame de confirmação, antes de condená-la.

§ 2º - Mesmo que o resultado da análise seja favorável, o D.I.P.O.A. pode exigir de acordo com as circunstâncias locais o tratamento da água.

2.0.2 Padrão de potabilidade para o consumo humano

Conforme PORTARIA MS N.º 518/2004 que regulamenta a potabilidade da água para consumo humano apresenta-se os parâmetros de controle através de análises laboratoriais, tabela 2:

Tabela 02: Padrão de aceitação para consumo humano

PARÂMETRO	UNIDADE	VALOR MÁXIMO PERMITIDO
Alumínio	mg/L	0,2
Amônia (como NH ₃)	mg/L	1,5
Cloreto	mg/L	250
Cor Aparente	UH (2)	15
Dureza	mg/L	500
Etilbenzeno	mg/L	0,2
Ferro	mg/L	0,3
Manganês	mg/L	0,1
Monoclorobenzeno	mg/L	0,12
Odor	-	Não objetável (3)
Gosto	-	Não objetável (3)
Sódio	mg/L	200
Sólidos dissolvidos totais	mg/L	1.000
Sulfato	mg/L	250
Sulfeto de Hidrogênio	mg/L	0,05
Surfactantes	mg/L	0,5
Tolueno	mg/L	0,17
Turbidez	UT (4)	5
Zinco	mg/L	5
Xileno	mg/L	0,3

FONTE: Portaria MS N.º 518/2004

NOTAS: (1) Valor máximo permitido. (2) Unidade Hazen (mg Pt–Co/L). (3) critério de referência (4) Unidade de turbidez.

A água de renovação do sistema de pré-resfriamento por imersão (4.5.1.2) poderá ser hiperclorada, permitindo-se no máximo 5 ppm de cloro livre.

O reaproveitamento da água nos pré-resfriadores contínuos por imersão poderá ser permitido, desde que venha a apresentar novamente os padrões de

potabilidade exigidos, depois de adequado tratamento; (PORTARIA N° 210 DE 10 DE NOVEMBRO DE 1998).

Tabela 03: Padrão microbiológico de potabilidade da água para consumo humano

PARÂMETRO	VALOR MÁXIMO PERMITIDO
Água para consumo humano (2)	
Escherichia coli ou coliformes termotolerantes (3)	Ausência em 100ml
Água na saída do tratamento	
Coliformes totais	Ausência em 100ml
Água tratada no sistema de distribuição (reservatórios e rede)	
Escherichia coli ou coliformes termotolerantes (3)	Ausência em 100ml
Coliformes totais	Sistemas que analisam 40 ou mais amostras por mês: em 95% das amostras examinadas no mês; Sistemas que analisam menos de 40 amostras por mês: Apenas uma amostra poderá apresentar mensalmente resultado positivo em 100ml.

FONTE: Portaria MS N.º 518/2004

NOTAS: (1) Valor Máximo Permitido. (2) água para consumo humano em toda e qualquer situação, incluindo fontes individuais como poços, minas, nascentes, dentre outras. (3) a detecção de Escherichia coli deve ser preferencialmente adotada.

Tabela 04: Padrão de turbidez para água pós-filtração ou pré-desinfecção

TRATAMENTO DA ÁGUA	VMP (1)
Desinfecção (água subterrânea)	1,0 UT (2) em 95% das amostras
Filtração rápida (tratamento completo ou filtração direta)	1,0 UT (2)
Filtração lenta	2,0 UT (2) em 95% das amostras

FONTE: PORTARIA MS N.º 518/2004

NOTAS: (1) Valor máximo permitido. (2) Unidade de turbidez.

As metodologias analíticas para determinação dos parâmetros físicos, químicos, microbiológicos e de radioatividade devem atender às especificações das normas nacionais que disciplinem a matéria.

Assim sendo deve-se sempre empregar a edição mais recente da publicação *Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater*, de autoria das instituições American Public Health Association (APHA), American Water Works Association (AWWA) e Water Environment Federation (WEF), ou das normas publicadas pela ISO (International Standardization Organization).

2.1 Classificação do Grau de Pureza da água conforme ASTM

As águas purificadas são classificadas quanto ao seu grau de pureza, ou seja, dependendo de pureza, elas podem ser usadas para diversos fins:

- Preparação de meios microbiológicos, tampões, reagentes químicos e bioquímicos;
- Água para instrumentação (câmaras climáticas, umidificadores, analisadores clínicos) e água purificada (farmacopéia), absorção, atômica, cromatografia, analisadores de Carbono Orgânico Total (COT), eletroforese capilar;
- Sequenciamento de DNA/proteínas, cultura de células;
- Microeletrônica.

Uma classificação muito usada é a da American Society for Testing and Materials (ASTM), dos Estados Unidos. A Tabela 05 mostra os padrões de pureza para os diferentes tipos de água pura.

Tabela 05: Padrões de pureza segundo a ASTM dos Estados Unidos

ASTM	Tipo I	Tipoll	Tipolll
Condutividade a 25 °C (microhoms/cm)	0,056	1,0	0,250
Resistividade a 25 °C (megahoms/cm)	<1,0	1,0	4,0
Total de Sílica (mg/l)	3,0	3,0	500
Carbono Orgânico Total (mg/l)	10	50	200
Cloro (mg/l)	1,0	5,0	10,0
Sódio máximo (mg/l)	1	5,0	10
Bactérias, máximo UFC/l	10	100	10000
Endotoxinas, UE/ml	< 0,03	< 0.25	N.A.

FONTE: OPAS, 1987

2.1.1 APLICAÇÕES DA ÁGUA TIPO I (ULTRAPURA):

- Absorção/Emissão atômica
- Cromatografia
- Analisadores de TOC
- Monocamadas de Langmuir
- Eletroforese capilar
- Sequenciamento de DNA/proteínas
- Cultura de células
- Microeletrônica
- Estudos em toxicologia
- Fertilização in vitro
- Eletroforese 2D
- Biologia molecular

Técnicas de obtenção de água Tipo I: resinas de troca iônica, carvão ativado, filtração com membranas (precedidas obrigatoriamente por destilação, osmose reversa, resina de troca iônica simples e carvão ativado).

2.1.2 APLICAÇÕES DA ÁGUA TIPO II:

- Preparo de meios microbiológicos
- Preparação de tampões
- Preparação de reagentes: químicos e bioquímicos
- Água para instrumentação (câmaras climáticas, umidificadores, analisadores clínicos, etc.)
- Água purificada (farmacopéia)

Técnicas de obtenção de água Tipo II: destilação, resinas de troca iônica, carvão ativado, eletrodeionização.

2.1.3 APLICAÇÕES DA ÁGUA TIPO III:

- Uso geral em laboratório
- Preparo de meios microbiológicos
- Alimentação de máquinas de lavagem de vidraria
- Alimentação de sistemas de água ultrapura

Técnicas de obtenção de água Tipo III: destilação, osmose reversa, resinas de troca iônica simples, carvão ativado, filtração com membranas. A seguir, são detalhadas as diferentes técnicas disponíveis para a purificação da água.

2.2 Normas da ANVISA e água na Indústria de Alimentos.

A Portaria nº. 326, de 30 de julho de 1997 que aprova o Regulamento Técnico sobre "Condições Higiênico-Sanitárias e de Boas Práticas de Fabricação para Estabelecimentos Produtores/Industrializadores de Alimentos" que foi publicado no Diário Oficial da União; Poder Executivo, de 01 de agosto de 1997 e apresenta os seguintes incisos que relacionam referidos itens sobre emprego de água dentro da Indústria e reutilização da água nos abatedouros:

8.3 - Uso da água:

8.3.1 - Como princípio geral na manipulação de alimentos somente deve ser utilizada água potável.

8.3.3 - A água recirculada para ser reutilizada novamente dentro de um estabelecimento deverá ser tratada e mantida em condições tais que seu uso não possa representar um risco para a saúde. O processo de tratamento deve ser mantido sob constante vigilância. Por outro lado, a água recirculada que não tenha recebido tratamento posterior pode ser utilizada nas condições em que o seu emprego não constitua um risco para saúde e nem contamine a matéria-prima nem o produto final. Deve haver um sistema separado de distribuição que possa ser identificado facilmente, para a utilização da água recirculada. Qualquer controle de tratamento para a utilização da água recirculada em qualquer processo de elaboração de alimentos deve ter sua eficácia comprovada e deve ter sido prevista nas boas práticas adotadas pelo estabelecimento e devidamente aprovadas pelo organismo oficialmente competente. As situações particulares indicadas nos itens 7.3.2 e neste devem estar em concordância com o item 5.3.2 e neste devem estar em concordância com o item 5.3.12.

Agora se observa quanto ao emprego da água na definição de água potável:

5.3 - Edifícios e instalações:

5.3.2 - Deve ser levada em conta a existência de espaços suficientes para atender de maneira adequada, a todas as operações.

5.3.12 - Abastecimento de água:

Dispor de um abundante abastecimento de água potável, que se ajuste ao item 8.3 do presente regulamento, com pressão adequada e temperatura conveniente, com um adequado sistema de distribuição e com proteção eficiente contra contaminação. No caso necessário de armazenamento, deve-se dispor ainda de instalações apropriadas e nas condições indicadas anteriormente. É imprescindível um controle freqüente da potabilidade da água.

O órgão competente poderá admitir variação das especificações químicas e físico-químicas diferente das normais quando a composição da água do local o fizer necessário e sempre que não se comprometa a sanidade do produto e a saúde pública.

O vapor e o gelo utilizados em contato direto com alimentos ou superfícies que entram em contato direto com os mesmos não devem conter nenhuma substância que possa ser perigosa para a saúde ou contaminar o alimento, obedecendo ao padrão de água potável.

A água potável que seja utilizada para produção de vapor, refrigeração, para apagar incêndios e outros propósitos similares, não relacionados com alimentos, deve ser transportada por tubulações completamente separadas, de preferência identificadas através de cores, sem que haja nenhuma conexão transversal nem processo de retrofriação, com as tubulações que conduzem água potável. (ANVISA, 1997).

2.3 Diretiva CEE de Potabilidade da água

2.3.1 Aspectos principais da diretiva do Quadro da água

A aprovação da Diretiva - Quadro, legislação que hoje dá suporte legal à política europeia tem cerca de 30 anos de elaboração. O processo legislativo para

a temática hídrica, inicia-se em 1975 e até hoje se perdura, com muitas mudanças de abordagem e de alcance. Foram três gerações de diretivas:

A primeira geração corresponde aos anos setenta e oitenta. A base jurídica da legislação comunitária em matéria de ambiente é ainda precária e a unanimidade entre os Estados-membros permite apenas que essa legislação incida sobre matérias relacionadas com a construção do mercado comum e para proteção da saúde pública, tendo em vista as ameaças relativas às atividades económicas, especialmente a da indústria. A preocupação com os agentes económicos relativos aos vários países é que ambos estejam sujeitos aos mesmos condicionamentos de forma a que os custos ambientais sejam internalizados por todos de forma semelhante e a concorrência não seja distorcida. (JUNIOR, 2006)

A Diretiva nº. 75/440/CEE do Conselho, de 16 de junho 1975, relativa à qualidade das águas doces superficiais destinadas à produção de água para consumo humano, é a primeira destas diretivas. Outras vieram neste período até que com a Diretiva nº. 80/778/CEE do Conselho, de 15 de junho 1980, fica completo o conjunto de diretivas sobre à qualidade das águas destinadas ao consumo humano.

A Seção III do Decreto-Lei nº. 236/98 transpõe a Diretiva nº. 80/778/CEE, revogada pela Diretiva nº. 98/83/CEE, à publicação do Decreto-Lei nº. 243/2001, de 5 de Setembro.

A Diretiva - Quadro estabelece um quadro para o desenvolvimento de políticas integradas de gestão da água, pelos órgãos comunitários e pelas administrações nacionais e regionais dos Estados-membros, aplicando o princípio da subsidiariedade. A Diretiva envolve, designadamente:

- A revisão global da legislação comunitária relativa às águas (ver Figura 01), visando o reforço da recuperação e proteção da qualidade das águas, de superfície e subterrâneas, por forma a evitar a sua degradação.

- Uma nova definição unificadora dos objetivos de qualidade das águas de superfície, baseada na proteção dos ecossistemas aquáticos como elementos pertinentes do ambiente aquático.
- Integração das normas de recuperação e proteção da qualidade das águas subterrâneas com a salvaguarda da utilização sustentável dessas águas, através do equilíbrio entre a recarga dos aquíferos e as captações de água.
- Eliminação progressiva da poluição das águas provocada por lançamento de efluentes, emissões e perdas de substâncias perigosas para a saúde humana e para os ecossistemas aquáticos.
- Gestão integrada das águas no quadro de bacias hidrográficas definidas pelos respectivos limites topográficos, independentemente dos limites territoriais dos Estados-membros e dos limites administrativos, englobando, assim, todos os meios hídricos de uma mesma bacia hidrográfica: rios e canais, lagos e aquíferos, estuários e outras águas de transição e águas costeiras.
- Análise e a monitorização dos impactantes das atividades humanas sobre as águas,
- Análise econômica das utilizações das águas, e a aplicação de um regime financeiro às utilizações das águas,
- Implementação, no prazo de doze anos dos programas de medidas para atingir os objetivos de qualidade da água referidos, no horizonte temporal comum de quinze anos, como regra,
- Sistematização da recolha e análise da informação necessária para fundamentar e controlar a aplicação dos programas de medidas, a consulta e a participação do público.

A figura 01 que agora segue resume todas as normas e sua aplicação no cenário da Comunidade Económica Europeia.

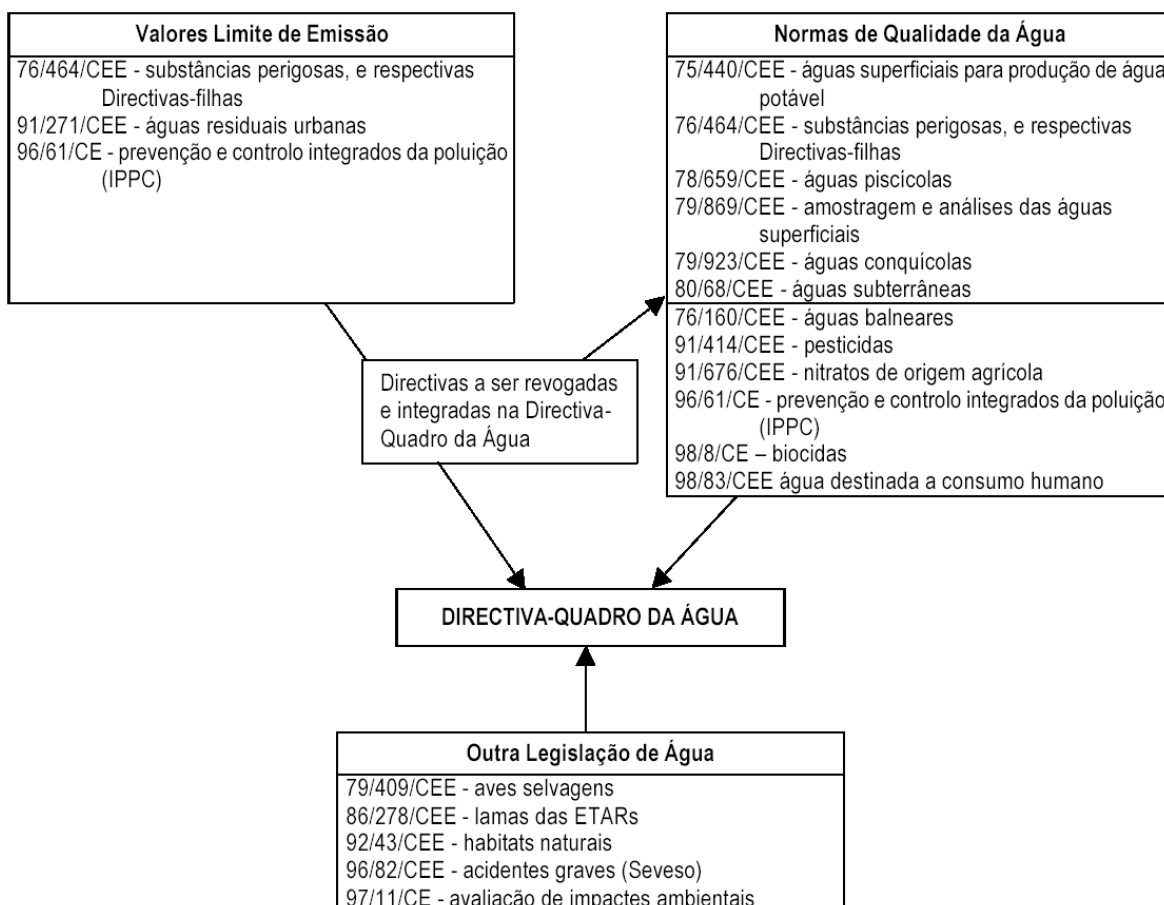


Figura 01: Fluxo das aplicações das diretivas de utilização da água na CEE
 FONTE: Adaptado de “DGXI Guide to the Approximation of European Union Environmental Legislation”, 1997.

Em particular, os Estados-membros têm de estabelecer padrões de qualidade ambiental para todas as águas, de superfície e subterrâneas, que constituam ou que venham a constituir origens de água para consumo humano. A qualidade da água na origem, de acordo com as normas de qualidade a definir pelos Estados-membros, deverá ser tal que, para o nível de tratamento de água instalado, deverão ser satisfeitos os padrões de qualidade da água potável, estabelecidos pela Diretiva 98/83/CEE (qualidade da água para consumo humano). A Diretiva-Quadro estabelece, no entanto, que a proteção das águas seja levada mais longe, por forma a que o nível de tratamento requerido possa ser diminuído. Constitui, assim, como objetivo da proteção das origens de água para consumo humano que a qualidade da água esteja de acordo com os níveis mínimos de tratamento de água para potabilização, com óbvias vantagens para saúde pública (HENRIQUES, 2000).

Conforme a Diretiva 98/83/CE é apresentado o Artigo 2º Definições, Inciso 1. Alínea b) o qual prescreve:

b) Toda a água utilizada numa empresa da indústria alimentar para o fabrico, transformação, conservação ou comercialização de produtos ou substâncias destinados ao consumo humano, exceto se as autoridades nacionais competentes determinarem que a qualidade da água não afeta a salubridade do gênero alimentício na sua forma acabada. (Diretiva 98/83/CE)

Conforme a Diretiva 98/83/CE é apresentado o Artigo 6º Limiares de conformidade, Inciso 1. Alínea d) o qual prescreve:

d) No caso da água utilizada numa empresa da indústria alimentar, no ponto em que a água é utilizada na empresa.

Portanto esta diretiva se aplica com exclusividade aos abatedouros e indústrias da carne em todos os países membros da Comunidade Económica Européia.

Conforme a Diretiva 98/83/CE, do Conselho, de 3 de novembro de 1998, relativo à qualidade das águas destinadas ao consumo humano (de acordo com a Diretiva 80/778/CEE). Águas destinadas ao Consumo humano deverá se seguir os padrões descritos nas tabelas 06 e 07.

Tabela 06: Parâmetros Microbiológicos de controle da água conforme União Européia.

Parâmetros microbiológicos	Valor paramétrico 98/83/CEE	Unidades	Metodologia
Escherichia coli	0,00	Número/250 ml	ISO 9308-1
Enterococos	0,00	Número/250 ml	ISO 7899-2
Pseudomonas aeruginosa	0,00	Número/250 ml	prEN ISO 12780
Unidades formadoras de colônias a 22°C	100,00	Número /ml	prEN ISO 6222
Unidades formadoras de colônias a 37°C	20/ ml	Número /ml	prEN ISO 6222

FONTE: Diretiva 98/83/CE, 1998.

Tabela 07: Parâmetros Químicos de controle da água conforme União Européia.

Parâmetro	Valor paramétrico	Unidades	Notas
Acrilamida	0,1	µg / l	Nota 1
Antimônio	5	µg / l	
Arsênio	10	µg / l	
Benzeno	1	µg / l	
Benzeno (a) pireno	0,01	µg / l	
Boro	1	mg/ l	
Bromatos	10	µg / l	Nota 2
Cádmio	5	µg / l	
Cromo	50	µg / l	Nota 3
Cobre	2	mg/ l	Nota 3
Cianetos	50	µg / l	
1,2-dicloroetano	3	µg / l	
Epicloridrina	0,1	µg / l	Nota 1
Fluoretos	1,5	mg/ l	
Chumbo	10	µg / l	Notas 3 e 4
Mercúrio	1	µg / l	
Níquel	20	µg / l	Nota 3
Nitratos	50	mg/ l	Nota 5
Nitritos	0,5	mg/ l	Nota 5
Pesticidas	0,1	µg / l	Notas 6 e 7
Pesticida – Total	0,5	µg / l	Notas 6 e 8
Hidrocarbonetos aromáticos policíclicos	0,1	µg / l	Soma das concentrações dos compostos especificados; Nota 9.
Selênio	10	µg / l	
Tetracloroetano e tricloroetano	10	µg / l	Soma das concentrações dos parâmetros especificados
Trihalometanos – Total	100	µg / l	Soma das concentrações dos compostos especificados; Nota 10
Cloreto de vinilo	0,5	µg / l	Nota 1

FONTE: Diretiva 98/83/CE, 1998.

Nota 1: O valor paramétrico refere-se à concentração monomérica residual na água, calculada segundo as especificações da migração máxima do polímero correspondente em contato com a água.

Nota 2: Quando possível, e sem com isso comprometer a desinfecção, os Estados-membros deverão procurar aplicar um valor mais baixo.

Quanto à água a que se refere o n.º 1, alíneas a), b) e d), do artigo 6.º, este valor deve ser respeitado o mais tardar 10 anos civis após a data de entrada em vigor da presente diretiva. No período compreendido entre cinco e 10 anos após a entrada em vigor da presente diretiva, o valor paramétrico para os bromatos será de 25 µg/l.

Nota 3: O valor aplica-se a uma amostra de água destinada ao consumo humano obtida na torneira, por um método de amostragem adequado, e recolhida de modo a ser representativa do valor médio semanal ingerido pelos consumidores. Sempre que apropriado, os métodos de amostragem e de controlo serão postos em prática de maneira harmonizada, a elaborar de acordo com o n.º 4 do artigo 7.º. Os Estados-membros tomarão em consideração a ocorrência de picos de concentração suscetíveis de provocar efeitos adversos na saúde humana.

Nota 4: Quanto à água a que se refere o n.º 1, alíneas a), b) e d), do artigo 6.º, este valor deverá ser respeitado o mais tardar, 15 anos civis após a data de entrada em vigor da presente diretiva. No período compreendido entre cinco e 15 anos após a entrada em vigor da presente diretiva, o valor paramétrico para o chumbo será de 25 µg/l.

Os Estados-membros garantirão a aplicação de todas as medidas necessárias para reduzir, tanto quanto possível, a concentração de chumbo na água destinada ao consumo humano durante o período necessário ao cumprimento do valor paramétrico.

Ao aplicarem as medidas para garantir este valor, os Estados-membros deverão dar progressivamente prioridade aos pontos em que as concentrações de chumbo na água destinada ao consumo humano são mais elevadas.

Nota 5: Os Estados-membros assegurarão a observância, à saída das estações de tratamento da água, da condição $[\text{nitratos}]/50 + [\text{nitritos}]/3 \leq 1$, em que os parênteses retos representam as concentrações em mg/l para os nitratos (NO_3) e os nitritos (NO_2), bem como do valor-limite de 0,10 mg para os nitritos.

Nota 6: Entende-se por «pesticidas»:

- inseticidas orgânicos,*
- herbicidas orgânicos,*
- fungicidas orgânicos,*
- nematocidas orgânicos,*
- acaricidas orgânicos,*
- algicidas orgânicos,*
- rodenticidas orgânicos,*
- controladores orgânicos de secreções viscosas («slimicidas»),*
- produtos afins (nomeadamente, reguladores do crescimento), e seus metabólicos, produtos de degradação e de reação importantes.*

Só necessitam de ser controlados os pesticidas cuja presença é provável num determinado abastecimento de água.

Nota 7: O valor paramétrico aplica-se individualmente a cada pesticida. No caso da aldrina, da dieldrina, do heptacloro e do epóxido de heptacloro o valor paramétrico é de 0,030 $\mu\text{g/l}$.

Nota 8: «Pesticidas - Total» significa a soma de todos os pesticidas detectados e quantificados no processo de controle.

Nota 9: Os compostos especificados são:

- benzo [b] fluoranteno,*

- benzo [k] fluoranteno,

- benzo [ghi] perileno,

- benzo [1,2,3-cd] pireno.

Nota 10: Quando possível, e sem com isso comprometer a desinfecção, os Estados-membros deverão procurar aplicar um valor mais baixo.

Os compostos especificados são: clorofórmio, bromofórmio, dibromoclorometano, bromo diclorometano.

Quanto à água a que se refere o n.º 1, alíneas a), b) e d), do artigo 6.º, este valor deve ser respeitado o mais tardar, 10 anos civis após a data de entrada em vigor da presente diretiva. No período entre cinco e 10 anos após a entrada em vigor da presente diretiva, o valor TAM total será de 150 µg/l.

Os Estados-membros garantirão a adoção de todas as medidas necessárias para reduzir, tanto quanto possível, a concentração de TAM na água destinada ao consumo humano durante o período previsto para o cumprimento do valor paramétrico.

2.4 Comparação entre o RIISPOA e Diretiva 98/83/CEE

No intuito de tentar avaliar a equivalências das normas Brasileiras e RIISPOA que regulamenta a potabilidade da água para abatedouros de frangos e demais indústrias de alimentos com a Diretiva 98/83/CEE que regulamenta a água empregada nas indústrias de alimentos de todos os países membros da Europa pode-se observar as tabelas de equalização:

ITEM art 62 RIISPOA	PARÂMETROS de ANÁLISES	Restrição do RIISPOA	Restrição Diretiva 98/83/CEE	Unidades
a	M-09 Cont.Padrão Microrganismos Mesófilos aeróbios estritos e facult. viáveis 37C	< 500 UFC/ml	< 100 NMP/ml Equivalente à contagem de colônias a 22°C	UFC/ml
b	M-17 Contagem de Coliformes Termotolerantes	tubos posit. série de 10 e 1 e 0,1 ml da amostra;	< 20 NMP/ml Equivalente à contagem de colônias a 37°C	< 14 NMP/ml (EQUIVALENTE)
	Escherichia coli (E. coli)	sem equivalentes	0,00	número /250 ml
	Enterococos	sem equivalentes	0,00	número /250 ml
	Pseudomonas aeruginosa	sem equivalentes	0,00	número /250 ml

FONTE: Diretiva 98/83/CE, 1998 e RIISPOA, 1952.

Observação: pode-se observar que as normativas européias são mais exigentes e restritivas pela presença de 3 análises além das exigidas pela Legislação brasileira.

Tabela 09: Comparação das análises químicas considerando a Diretiva 98/83/CEE e o RIISPOA

ITEM art 62 RIISPOA	Itens avaliados conforme Art 62 do RIISPOA	Restrição do RIISPOA	Restrição Directiva 98/83/CEE	Unidades
d	Sólidos totais	< 500 ppm	sem equivalentes	ppm
m	Cloro Livre	< 1 ppm	sem equivalentes	ppm
m	Cloro residual	> 0,05 ppm	sem equivalentes	ppm
e	Nitrogênio Amoniacal	< 0,005 g/l	sem equivalentes	g/l
f	Nitrogênio Nitrito	< 0,002 g/l	0,0005	g/l
h	Matéria Orgânica	< 0,002 g/l	sem equivalentes	g/l
i	Dureza total (grau de dureza)	< 20	sem equivalentes	grau de dureza
j	Chumbo	< 0,1 ppm	0,010	ppm
k	Cobre	< 3 ppm	2,0	ppm
l	Zinco	< 15 ppm	sem equivalentes	ppm
n	Arsênio	< 0,05 ppm	0,01	ppm
o	Fluoretos	< 1 ppm	1,5	ppm
p	Selênio	< 0,05 ppm	0,010	ppm
q	Magnésio	< 0,03 ppm	sem equivalentes	ppm
r	Sulfatos	< 0,010 g/l	sem equivalentes	g/l
s	Fenóis	< 0,001 ppm	sem equivalentes	ppm

FONTE: Diretiva 98/83/CE, 1998 e RIISPOA, 1952.

Tabela 10: Comparação das análises químicas considerando a Diretiva 98/83/CEE

Itens avaliados conforme Diretiva 98/83/CEE	Restrição do RIISPOA	Restrição Directiva 98/83/CEE	Unidades
Acrilamida	sem equivalentes	0,1	µg /l
Antimónio	sem equivalentes	5	µg /l
Benzeno	sem equivalentes	1	µg /l
Benzeno(a) pireno	sem equivalentes	0,01	µg /l
Boro	sem equivalentes	1	mg/l
Bromatos	sem equivalentes	10	µg /l
Cádmio	sem equivalentes	5	µg /l
Cromo	sem equivalentes	50	µg /l
Cianetos	sem equivalentes	50	µg /l
1,2-dicloroetano	sem equivalentes	3	µg /l
Epiclorigrina	sem equivalentes	0,1	µg /l
Mercúrio	sem equivalentes	1	µg /l
Níquel	sem equivalentes	20	µg /l
Nitratos	sem equivalentes	50	mg/l
Pesticidas	sem equivalentes	0,1	µg /l
Pesticidas - Total	sem equivalentes	0,5	µg /l
Hidrocarbonetos aromáticos policíclicos	sem equivalentes	0,1	µg /l
Tetracloroetano e tricloroetano	sem equivalentes	10	µg /l
Trihalometanos - Total	sem equivalentes	100	µg /l
Cloreto de vinilo	sem equivalentes	0,5	µg /l

Observa-se que a presente comparação com a Diretiva 98/83/CEE ultrapassa em 20 itens a serem avaliados em contrapartida ao RIISPOA que ultrapassa 10 não equivalentes e, portanto com focos bem distintos nas caracterizações de potabilidade impedindo uma equivalência plena das duas normas em questão.

2.5 Aplicação de NBR para Reutilização da água

Nos sistemas de tratamento de esgoto cloacal residencial se permite a reutilização da água dentro de um planejamento oportunizando e regulamentando tecnicamente os trabalhos. Assim de acordo com a NBR 13.969/97 no item 5.6.1 a reutilização local de esgoto deve ser planejada de modo a permitir seu uso seguro e racional para minimizar o custo de implantação e de operação.

Para tanto, devem ser definidos:

- a) Os usos previstos para esgoto tratado;
- b) Volume de esgoto a ser reutilizado;
- c) Grau de tratamento necessário;
- d) Sistema de reservação e de distribuição;
- e) Manual de operação e treinamento dos responsáveis.

Desta forma de posse de uma tecnologia viável se pode dar encaminhamento de acordo com a referida norma aos tratamentos de efluentes residenciais.

2.6 Normas para reutilização de água no Brasil

No Brasil, o tratamento jurídico dado às águas até a promulgação da Carta Magna de 1988, considerava a água como um bem inesgotável, passível de utilização farta e abundante. Com a Constituição Federal de 1988 que instituiu a Política Nacional dos Recursos Hídricos – Lei n.º.433/97, trouxe a consciência de que os recursos hídricos têm fim, e encontram-se em escassez.

O Brasil despertou para temas como a racionalização do uso primário da água, estabelecendo princípios e instrumentos para a sua utilização. Porém, não houve por parte do legislador preocupação à fixação de princípios ou critérios para a reutilização da água. (SETTI, 1995).

Entretanto, a legislação em vigor, ao instituir os fundamentos da gestão dos recursos hídricos, abriu a possibilidade para a hipótese do reuso de água, como sendo uma forma de utilização racional e preservação ambiental, que juntamente com a aplicação de tecnologia específica, amenizariam o problema da escassez da água garantindo a existência desse bem natural que é essencial à vida dos seres vivos e das plantas.

A classificação dos corpos d'água apresentada pela Resolução CONAMA n.º 20, de 18 de junho de 1986 estabelece os parâmetros físico-químicos para cada uma das classes, vale ressaltar que as regras estabelecidas na Resolução CONAMA n.º 20, não satisfazem os problemas que eventualmente poderão aparecer no reuso de águas residuárias.

2.7 Reuso de Água

A reutilização ou reuso de água ou, ainda em outra forma de expressão, o uso de águas residuárias, não é um conceito novo e tem sido praticado em todo o mundo há muitos anos. Existem relatos de sua prática na Grécia Antiga, com a disposição de esgotos e sua utilização na irrigação. No entanto, a demanda crescente por água tem feito do reuso planejado da água um tema atual e de grande importância. Neste sentido, deve-se considerar o reuso de água como parte de uma atividade mais abrangente que é o uso racional ou eficiente da água, o qual compreende também o controle de perdas e desperdícios, e a minimização da produção de efluentes e do consumo de água.

Dentro dessa ótica, os esgotos tratados têm um papel fundamental no planejamento e na gestão sustentável dos recursos hídricos como um substituto para o uso de águas destinadas a fins agrícolas e de irrigação, entre outros. Ao liberar as fontes de água de boa qualidade para abastecimento público e outros usos prioritários, o uso de esgotos contribui para a conservação dos recursos e acrescenta uma dimensão econômica ao planejamento dos recursos hídricos.

O reuso reduz a demanda sobre os mananciais de água devido à substituição da água potável por uma água de qualidade inferior. Essa prática, atualmente muito discutida, posta em evidência e já utilizada em alguns países é baseada no conceito de substituição de mananciais. Tal substituição é possível em função da qualidade requerida para um uso específico. Dessa forma, grandes volumes de água potável podem ser poupados pelo reuso quando se utiliza água de qualidade inferior (geralmente efluentes pós-tratados) para atendimento das finalidades que podem prescindir desse recurso dentro dos padrões de potabilidade.

As expressões “reuso de água” e “utilização de águas residuárias” são sinônimas. Conforme MARECOS DO MONTE (1994) a reutilização da água consiste no uso de águas residuárias que nada mais é do que o produto de uma primeira utilização da água, geralmente para finalidades diferentes da primeira e após tratamento.

Nas línguas: inglês, francês e espanhol há um termo específico para “reuso de águas” e o seu significado é compreendido de maneira mais simples como a utilização de águas residuárias.

No Brasil, embora o termo esteja sendo muito utilizado, inclusive no campo das pesquisas científicas, a palavra “reuso” não se faz presente no Novo Dicionário da Língua Portuguesa de HOLANDA, tem se preferido traduzir o termo do inglês “wastewater reuse”.

2.8 Águas Residuárias

Águas residuais ou residuárias são todas as águas descartadas que resultam da utilização para diversos processos. Exemplos destas águas são:

Águas residuais domésticas:

- provenientes de banhos;
- provenientes de cozinhas;
- provenientes de lavagens de pavimentos domésticos.

Águas residuais industriais:

- resultantes de processos de fabricação.

Águas de infiltração:

- resultam da infiltração nos coletores de água existente nos terrenos.

Águas urbanas:

- resulta de chuvas, lavagem de pavimentos, regas, etc.

As águas residuais transportam uma quantidade apreciável de materiais poluentes que se não forem retirados podem prejudicar a qualidade das águas dos rios, comprometendo não só toda a fauna e flora destes meios, mas também, todas as utilizações que são dadas a estes meios, como a pesca, a balneabilidade, a navegação, a geração de energia, etc.

É recomendado recolher todas as águas residuais produzidas e transportá-las até a Estação de Tratamento de Águas Residuais (ETAR). Depois de recolhidas nos coletores, as águas residuais são conduzidas até a estação, onde se processa o seu tratamento.

O tratamento efetuado é, na maioria das vezes, biológico, recorrendo-se ainda a um processo físico para a remoção de sólidos grosseiros. Neste sentido a água residual ao entrar na ETAR passa por um canal onde estão montadas grades em paralelo, que servem para reter os sólidos de maiores dimensões, tais como, paus, pedras, etc., que prejudicam o processo de tratamento. Os resíduos recolhidos são acondicionados em contentores, sendo posteriormente encaminhados para o aterro sanitário.

Muitos destes resíduos têm origem nas residências onde, por falta de instrução e conhecimento das conseqüências de tais ações, deixa-se para os sanitários objetos como: cotonetes, preservativos, absorventes, papel higiênico, etc. Estes resíduos devido às suas características são extremamente difíceis de capturar nas grades e, conseqüentemente, passam para as lagoas prejudicando o processo de tratamento.

A seguir a água residual, já desprovida de sólidos grosseiros, continua o seu caminho pelo mesmo canal onde é feita a medição da quantidade de água que entrará na ETAR. A operação que se segue é a desarenação, que consiste na remoção de sólidos de pequena dimensão, como as areias. Este processo ocorre em dois tanques circulares que se designam por desarenadores. A partir deste ponto a água residual passa a sofrer um tratamento estritamente biológico por recurso a lagoas de estabilização (processo de lagunagem).

O tratamento deverá atender à legislação (Resolução do CONAMA nº. 020/86) que define a qualidade de águas em função do uso a que está sujeita, designadamente: águas para consumo humano, águas para suporte de vida aquática, águas balneárias e águas de rega.

2.9 Tipos de Reuso

A reutilização de água pode ser direta ou indireta decorrente de ações planejadas ou não:

- Reuso indireto não planejado da água: ocorre quando a água, utilizada em alguma atividade humana, é descarregada no meio ambiente e novamente utilizada a jusante, em sua forma diluída, de maneira não intencional e não controlada. Caminhando até o ponto de captação para o novo usuário, a mesma está sujeita às ações naturais do ciclo hidrológico (diluição, autodepuração).

- Reuso indireto planejado da água: ocorre quando os efluentes, depois de tratados, são descarregados de forma planejada nos corpos de águas superficiais ou subterrâneas, para serem utilizadas a jusante, de maneira controlada, no atendimento de algum uso benéfico.

O reuso indireto planejado da água pressupõe que exista também um controle sobre as eventuais novas descargas de efluentes no caminho, garantindo assim que o efluente tratado estará sujeito apenas a misturas com outros efluentes que também atendam ao requisito de qualidade do reuso objetivado.

- Reuso direto planejado das águas: ocorre quando os efluentes, depois de tratados, são encaminhados diretamente de seu ponto de descarga até o local do

reuso, não sendo descarregados no meio ambiente. É o caso com maior ocorrência, destinando-se a uso em indústria ou irrigação.

2.10 Problemática no Brasil

No Brasil, a prática do uso de esgotos - principalmente para a irrigação de hortaliças e de algumas culturas forrageiras - é de certa forma difundida. Entretanto, constitui-se em um procedimento não institucionalizado e tem se desenvolvido até agora sem nenhuma forma de planejamento ou controle. Na maioria das vezes é totalmente inconsciente por parte do usuário, que utiliza águas altamente poluídas de córregos e rios adjacentes para irrigação de hortaliças e outros vegetais, ignorando que esteja exercendo uma prática danosa à saúde pública dos consumidores e provocando impactos ambientais negativos. Em termos de reuso industrial, a prática começa a se implementar, mas ainda associada a iniciativas isoladas, a maioria das quais, dentro do setor privado.

A lei nº. 9.433 de 8 de janeiro de 1997, em seu Capítulo II, Artigo 20, Inciso 1, estabelece, entre os objetivos da Política Nacional de Recursos Hídricos, a necessidade de “assegurar à atual e às futuras gerações a necessária disponibilidade de água, em padrões de qualidade adequados aos respectivos usos”. Verificou-se, por intermédio dos Planos Diretores de Recursos Hídricos de bacias hidrográficas - em levantamento realizado a fim de se conhecer mais profundamente a realidade nas diversas bacias hidrográficas brasileiras - que há a identificação de problemas relativamente à questão de saneamento básico, coleta e tratamento de esgotos e propostas para a implementação de planos de saneamento básico. Entretanto, não se consegue identificar atividades de reuso de água utilizando efluentes pós-tratados. Isso se deve ao fato, talvez, do ainda relativo desconhecimento dessa tecnologia e por motivos de ordem sócio-cultural.

Mesmo assim, considerando que já existe atividade de reuso de água com fins agrícolas em certas regiões do Brasil, a qual é exercida de maneira informal e sem as salvaguardas ambientais e de saúde pública adequadas, torna-se necessário institucionalizar, regulamentar e promover o setor através da criação de estruturas de gestão, preparação de legislação, disseminação de informação,

e do desenvolvimento de tecnologias compatíveis com as condições técnicas, culturais e socioeconômicas.

É nesse sentido que a Superintendência de Cobrança e Conservação - SCC - da Agência Nacional de Águas, inova ao pretender iniciar processos de gestão a fim de fomentar e difundir essa tecnologia e ao investigar formas de se estabelecer bases políticas, legais e institucionais para o reuso de água neste país.

2.11 Declaração Universal dos Direitos da Água

A ONU redigiu um documento em 22 de março de 1992 - intitulado "Declaração Universal dos Direitos da Água". O texto merece profunda reflexão e divulgação por todos os amigos e defensores do Planeta Terra, em todos os dias.

1 - A água faz parte do patrimônio do planeta. Cada continente, cada povo, cada nação, cada região, cada cidade, cada cidadão, é plenamente responsável aos olhos de todos.

2 - A água é a seiva de nosso planeta. Ela é condição essencial de vida de todo vegetal, animal ou ser humano. Sem ela não se pode conceber como seria a atmosfera, o clima, a vegetação, a cultura ou a agricultura.

3 - Os recursos naturais de transformação da água em água potável são lentos, frágeis e muito limitados. Assim sendo, a água deverá ser manipulada com racionalidade, precaução e parcimônia.

4 - O equilíbrio e o futuro do planeta dependem da preservação da água e de seus ciclos. Estes devem permanecer intactos e funcionando normalmente para garantir a continuidade da vida sobre a Terra. Este equilíbrio depende em particular, da preservação dos mares e oceanos, por onde os ciclos começam.

5 - A água não é somente herança de predecessores; ela é, sobretudo, um empréstimo aos sucessores. Sua proteção constitui uma necessidade vital, assim como a obrigação moral do homem para com as gerações presentes e futuras.

6 - A água não é uma doação gratuita da natureza; ela tem um valor econômico: precisa-se saber que ela é, algumas vezes, rara e dispendiosa e que pode muito bem escassear em qualquer região do mundo.

7 - A água não deve ser desperdiçada, nem poluída, nem envenenada. De maneira geral, sua utilização deve ser feita com consciência e discernimento para que não se chegue a uma situação de esgotamento ou de deterioração da qualidade das reservas atualmente disponíveis.

8 - A utilização da água implica em respeito à lei. Sua proteção constitui uma obrigação jurídica para todo homem ou grupo social que a utiliza. Esta questão não deve ser ignorada nem pelo homem nem pelo Estado.

9 - A gestão da água impõe um equilíbrio entre os imperativos de sua proteção e as necessidades de ordem econômica, sanitária e social.

10 - O planejamento da gestão da água deve levar em conta a solidariedade e o consenso em razão de sua distribuição desigual sobre a Terra.

2.12 Desinfecção

Dentre os desinfetantes mais freqüentemente utilizados, devem ser destacadas algumas de suas vantagens e desvantagens, conforme Tabela 11.

Tabela 11: Características dos principais desinfetantes utilizados no tratamento da água para consumo humano.

DESINFETANTE	VANTAGENS	DESVANTAGENS
Cloro	<ul style="list-style-type: none"> • elevada eficiência na inativação de bactérias e vírus • efeito residual relativamente estável • baixo custo • manuseio relativamente simples • grande disponibilidade no mercado 	<ul style="list-style-type: none"> • limitada eficiência na inativação de cistos de protozoários e ovos de helmintos • na presença de matéria orgânica pode formar compostos tóxicos, principalmente trihalometanos (THM). • em doses elevadas pode produzir forte odor e sabor • alguns subprodutos como clorofenóis provocam também odor e sabor
Dióxido de cloro	<ul style="list-style-type: none"> • desinfetante mais potente, inclusive na inativação de cistos de protozoários. • coliformes totais inferiores aos do cloro • não forma trihalometanos (THM) • eficiência estável em amplas faixas de pH 	<ul style="list-style-type: none"> • na presença de matéria orgânica pode formar outros subprodutos tóxicos (clorito) • residuais desinfetantes menos estáveis • em doses elevadas pode produzir forte odor e sabor • operação mais delicada e complexa
Ozônio	<ul style="list-style-type: none"> • desinfetante mais potente, inclusive na inativação de cistos de protozoários. • menor risco de formação de subprodutos tóxicos • não provoca odor e sabor • coliformes totais inferiores aos do cloro 	<ul style="list-style-type: none"> • pode formar outros subprodutos tóxicos (bromatos) • não apresenta poder residual • custos elevados • técnicas de aplicação mais sofisticadas
Radiação ultravioleta	<ul style="list-style-type: none"> • elevada eficiência na destruição dos mais diversos microorganismos em tempo de contato reduzido • não forma subprodutos • não provoca odor e sabor 	<ul style="list-style-type: none"> • não apresenta poder residual • redução significativa da eficiência com o aumento da cor ou turbidez da água. • custos elevados • técnicas de aplicação mais sofisticadas

Fonte: adaptado de Reiff e Witt (1995).

2.13 Cloro como desinfetante químico

Foi utilizado inicialmente, como alvejante na indústria têxtil. Teve suas propriedades desinfetantes demonstradas sob condições laboratoriais, pelo bacteriologista alemão Kock, em 1881. Em 1886, a American Public Health Association aprovou o uso dos hipocloritos como desinfetantes. Em 1908, foi introduzido o uso do cloro, na purificação da água consumida pela população dos Estados Unidos.

As indústrias de laticínios e as de alimentos, rapidamente aderiram ao uso do cloro para melhorar a qualidade da água que utilizavam e, também, na higienização de pisos, paredes, utensílios e equipamentos. Pode ser utilizado como desinfetante, sob as formas de gás, compostos inorgânicos, e os orgânicos.

Os principais compostos clorados, disponíveis no comércio, com suas respectivas porcentagens de cloro ativo em Cl_2 , são apresentados na Tabela 12.

Tabela 12: Compostos clorados, com suas respectivas porcentagens de cloro ativo.

inorgânicos	
Nome Químico	% de cloro ativo em Cl_2
Hipoclorito de sódio	1 - 15
Hipoclorito de cálcio	70 - 72
Hipoclorito de lítio	30 - 35
Fosfato trissódico clorado	3,5
Dióxido de cloro	17
Cloro gás	100
orgânicos	
Nome Químico	% de cloro ativo em Cl_2
Ácido Dicloroisocianúrico	70,9
Ácido Tricloroisocianúrico	89 - 90
Sulfonamida p-Tolueno de sódio (cloramina-T)	24 - 26
Sulfonamida p-Tolueno (Dicloramina-T)	56 - 60
Diclorodimetil Hidantoína	66

Fonte (ANDRADE, 1988)

Todos os compostos clorados, à exceção do dióxido de cloro, apresentam o mesmo mecanismo de ação. Quando estes produtos estão em solução aquosa, libera-se o ácido hipocloroso, em sua forma não dissociada, que apresenta capacidade de penetrar na célula bacteriana e destruí-la. O cloro é considerado como desinfetante universal para a água, e a parte que permanece nesta, após período de ação média de 20 minutos, constitui o cloro livre, de grande poder desinfetante. Nas concentrações recomendadas, os hipocloritos desinfetam superfícies limpas. Quando há considerável resíduo de matéria orgânica e/ou

minerais, estas se combinam à solução de cloro, dando origem ao cloro combinado, que apresenta baixa ação desinfetante.

Na cloração da água, usada com fins de sanidade, o cloro não apenas reage com os microrganismos, mas também com muitos materiais orgânicos e inorgânicos presentes, os quais juntos criam uma demanda de cloro. A demanda de cloro é uma propriedade extrínseca da água, que representa sua capacidade de consumir o cloro em um período determinado (Tsai et al., 1991).

Importante: diferentes concentrações de cloro ou de seus compostos, devem ser utilizadas nos processos para obtenção de água potável visando o abastecimento público/humano e para obtenção de água potável necessária no processamento de alimentos, na higienização de equipamentos em geral e em águas de resfriamento, para caldeira ou fabricação de gelo. Não se recomenda a utilização do hipoclorito de sódio para desinfecção da água, em estações de tratamento, visando o abastecimento público, pela formação dos trihalometanos, na presença de substâncias húmicas, (MACEDO, 2000).

2.14 Radiação ultravioleta

A principal diferença entre a lâmpada germicida e a fluorescente é que a germicida é construído com quartzo, ao passo que a fluorescente é com vidro, com camada interna de fósforo que converte a luz UV para luz visível. Colisões entre elétrons e átomos de mercúrio provocam emissões de radiação ultravioleta, que não é visível ao olho humano. Quando esses raios colidem com o fósforo, eles "fluorescem" e se convertem em luz visível. O tubo de quartzo transmite 93 % dos raios UV da lâmpada enquanto que o vidro (vidro macio) representa um escudo contra a radiação UV, por permitir uma transmissão mínima da radiação.

As lâmpadas devem ser montadas em dispositivos especiais e localizadas de maneira que as pessoas não sejam expostas à radiação direta. As lâmpadas mais modernas e compactas são mais avançadas tecnologicamente, produzem uma quantidade maior de UV-C, são mais duráveis e têm maior vida útil. Estas lâmpadas mais curtas e compactas também permitem uma variedade maior nos próprios aparelhos projetados especialmente para maximizar os efeitos germicidas em ambientes, corredores e cantos.

2.14.1 Efeitos da radiação ultravioleta sobre a saúde humana.

Os efeitos da radiação ultravioleta sobre a saúde humana também podem ser graves, conforme ilustra o quadro abaixo:

Tabela 13: Efeitos e Conseqüências da Radiação Ultravioleta sobre a Saúde Humana

Efeito	Conseqüência
Agudo.	Insolação, enfraquecimento da pele.
Crônico	Envelhecimento da pele, afinamento da epiderme.
Doenças dos Olhos	Cataratas (provável), danos à retina, tumores na córnea, fotoceratite (“cegueira causada pelo reflexo de luz na neve”).
Imunodepressão (possível)	Doença infecciosa de pele
Condições Agravadas pela Exposição ao UV	Suscetibilidade genética a cânceres causados pelo sol, deficiências nutricionais, doenças infecciosas e disfunções do sistema imunológico.

Fonte: Corson (1993, p. 230)

2.14.2 Descrição física da radiação ultravioleta

A luz UV faz parte do espectro eletromagnético que inclui a luz visível.

Metade das radiações que atingem a superfície terrestre corresponde aos raios infravermelhos, responsáveis pela sensação de calor quando da exposição solar e 40% correspondem à luz visível que é relativamente inócua. São as radiações ultravioletas B e as ultravioletas A (Quadro 14) de onda curta as principais responsáveis pela maioria das lesões cutâneas. As ondas de comprimento inferior a 290 nm são absorvidas pela camada de ozônio e a inferior a 220 nm pelo oxigênio, azônio e outros gases atmosféricos, motivo pelo qual não alcançam a terra. O espectro da radiação que atinge a terra divide-se em raios ultravioleta (UV), luz visível e raios infravermelhos (IV); o espectro UV subdivide-se em raios UV-A, UV-B e UV-C. A radiação solar é constituída por 2% de UV-B, 8% de UV-A, 40% de luz visível e 50% de IV. (Albisu, 1997)

Tabela 14: Onda Ultravioleta designações

Raios	Comprimento de onda (nm)	Designação
UV – C	200 – 290	Zona germicida
UV – B	290 – 320	Zona eritema
UV – A	320 – 400	
UV – A onda curta	320 – 340	Luz agressiva
UV – A onda longa	340 - 400	Luz negra

Fonte: Albisu, 1997

A luz solar concentrada contém UV que é um desinfetante poderoso natural. A energia ultravioleta causa a inativação de microorganismos interferindo com o DNA e, com isto, evita a multiplicação de vírus, mofo e bactérias. A energia absorvida por uma estrutura química qualquer pode provocar basicamente quatro tipos de alteração molecular: rotação, vibração, excitação eletrônica e quebra de ligação ou ionização. O mecanismo dependerá do comprimento de onda da fonte irradiante e da configuração energética da ligação atingida.

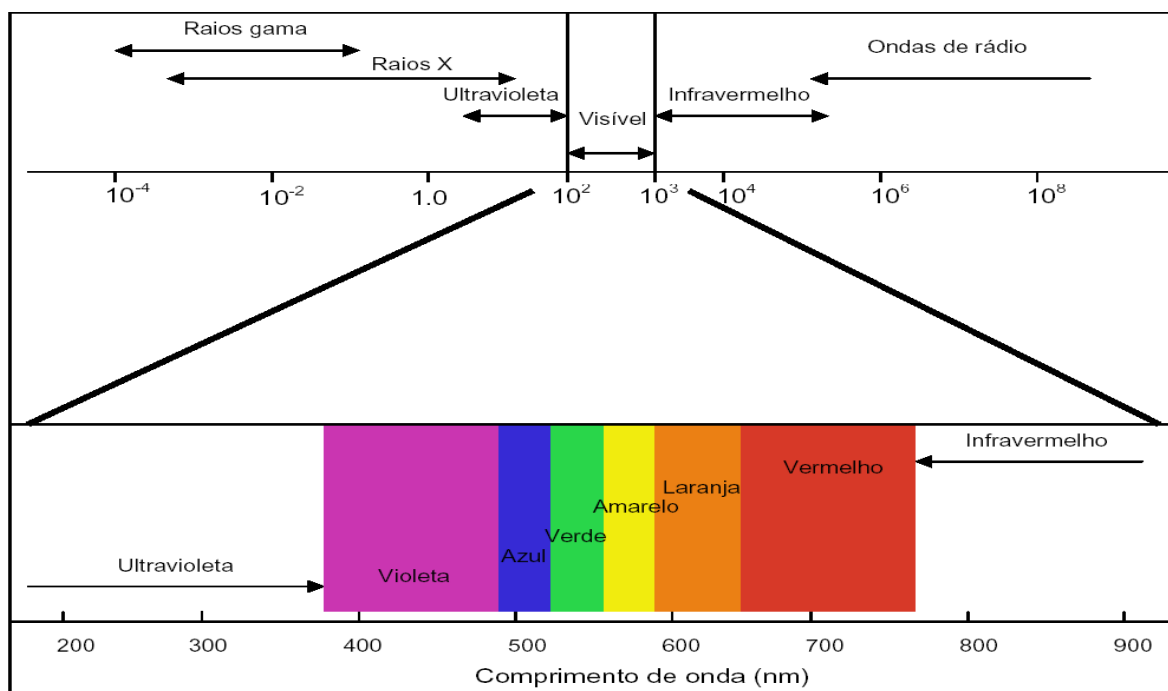


Figura 02: Espectro eletromagnético das radiações
(FONTE: Albisu, 1997)

A dose de radiação ultravioleta, que é dada pelo produto da intensidade de radiação e do tempo de exposição, é o parâmetro principal para o projeto e operação de sistemas UV. Os fatores que afetam a intensidade são a idades das lâmpadas, sujeiras nas lâmpadas, e configuração e localização das lâmpadas no reator.

A dose de radiação ultravioleta é medida em micro watt segundos por centímetro cúbico ($\mu\text{Ws}/\text{cm}^2$). Quanto maior for o micro watt e/ou o tempo de exposição maior será a dosagem.

Tabela 15: Doses letais aproximadas de radiação ultravioleta

Microrganismos	Doses letais de radiação ultravioleta ($\mu\text{Ws}/\text{cm}^2$)
Bactérias	2.500 – 26.400
Leveduras	6.600 - 17.600
Algas	11.000 - 330.000
Vírus	2.500 - 22.000

Fonte: TARRÁN, 2002

Observar que: $1.000 \mu\text{Ws}/\text{cm}^2 = 1 \text{ mWs} /\text{cm}^2 = 1\text{mJ}/\text{cm}^2$ (mWs = miliwattsegundos; mJ = milijoules)

2.14.3 Fundamentos da desinfecção com radiação ultravioleta

A radiação ultravioleta é letal para a maior parte dos microrganismos (Tabela 15). O mecanismo de ação é basicamente o mesmo para todos os microrganismos e possivelmente também para as células eucarióticas. O efeito letal da radiação ultravioleta relaciona-se com o seu comprimento de onda, tendo sido demonstrado que o comprimento de onda de 260 nm tem a maior atividade microbicida (Figura 03). O DNA isolado tem o seu máximo de absorção a cerca de 260 nm e por isso, o efeito letal da radiação ultravioleta deve-se à sua ação sobre a molécula do DNA. Na molécula de DNA a radiação ultravioleta afeta exclusivamente as bases pirimídicas (timina e citosina) provocando um efeito de dimerização, no qual se formam dímeros entre moléculas adjacentes de timina na mesma cadeia nucleotídica. A letalidade destes dímeros deve-se à sua capacidade para interferirem com a replicação e transcrição do DNA.

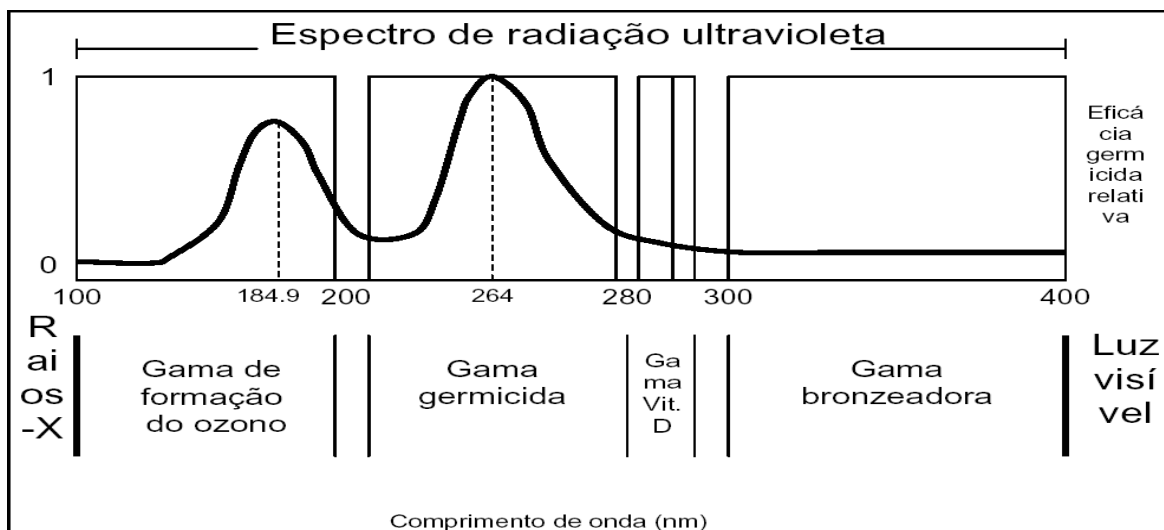


Figura 03: Espectro da radiação UV (100 - 400 nm)
(FONTE: Albisu, 1997)

A radiação UV insere-se no rol dos processos físicos de desinfecção de águas de abastecimento, dos quais fazem parte também a fervura e as radiações gama e solar. No emprego de agentes físicos, na ação do desinfetante prepondera a interferência na biossíntese e reprodução celular, como consequência dos danos fotoquímicos causados a seus ácidos nucléicos. O ácido desoxirribonucléico (DNA) é o responsável pelo controle das funções e pela reprodução das células.

A combinação do ácido fosfórico com a desoxirribose e com uma das quatro bases dá origem ao bloco denominado nucleotídeo. Há quatro nucleotídeos básicos que formam o DNA e estão sempre juntos, em dois pares (Figura 04):

a) Os ácidos adenílico e timidílico, formando o par número 1; e b) Os ácidos guanílico e citidílico, formando o par número 2. As bases de cada par fixam-se por meio de ligações fracas de pontes de hidrogênio, fazendo com que as cadeias duplas do DNA permaneçam unidas. A radiação UV é absorvida por estas estruturas, quebrando as ligações entre as bases e fazendo com que se formem novas ligações entre nucleotídios adjacentes e, posteriormente, moléculas duplas ou dímeros das bases pirimídicas. A maioria dos dímeros formados é de timina – timina, também podendo ocorrer dímeros de citosina – citosina e citosina – timina. A formação de um número de dímeros suficiente impede que haja a duplicação do DNA, impossibilitando assim a reprodução do

microrganismo, além de comprometer a síntese protéica (STANIER, DOUDOROFF & ADELBERG, 1963 apud MONTGOMERY, 1985).

Cada gene do DNA controla a formação do ácido ribonucléico (RNA), responsável pela formação de enzimas específicas e de proteínas estruturais. Tais genes são constituídos pelos seguintes compostos básicos (GUYTON, 1985):

a) Ácido Fosfórico;

b) Desoxirribose;

c) Bases: Purina (Adenina e Guanina) e Pirimidinas (Timinas e Citosinas).

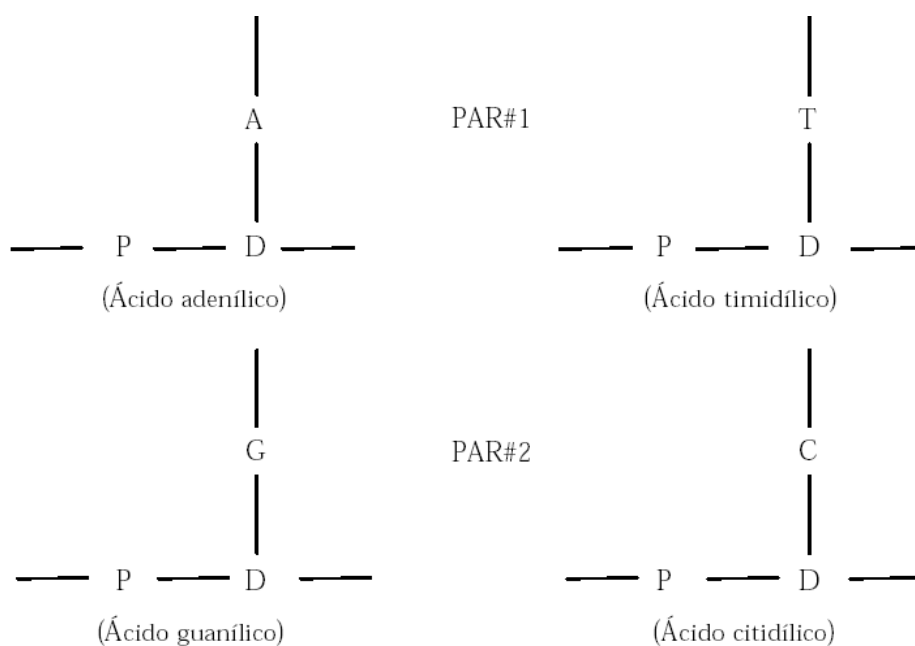


Figura 04: Nucleotídeos formadores do DNA

(FONTE: GUYTON, 1985)

LEGENDA: A, adenina; C, citosina; D, desoxirribose; G, guanina; P, ácido fosfórico, T, timina.

As conseqüências das alterações ocorridas diretamente sobre o RNA são menores, pois este ácido encontra-se presente em várias cópias que podem ser substituídas, desde que as informações para sua síntese, contidas no DNA, não tenham sido perdidas (DANIEL, 1993).

Um interessante fenômeno é a reversibilidade do dano causado às estruturas do DNA das células. Esta reversibilidade é conhecida como “reativação”, se ocorrer após um processo de desinfecção química, e como “fotorreativação”, caso se suceda após exposição à radiação UV (PARROTTA & BEKDASH, 1998). Sob determinadas condições, alguns microrganismos dotados de sistema metabólico funcional são capazes de produzir uma enzima que utiliza a energia das radiações luminosas entre 300 e 500 nm para partir a ligação entre os dímeros de timina. Os dímeros de citosina não são rompidos por esse processo e algumas inversões na sua formação são promovidas por meio de mecanismo ainda não completamente esclarecidas (WRIGHT & CAIRNS, 1998).

Os vírus não são capazes de promover esta fotorreativação, mas podem utilizar os mecanismos de enzimas reparadoras produzidas nas células do hospedeiro (PARROTTA & BEKDASH, 1998).

Nas bactérias e outros microrganismos, a amplitude da capacidade de foto reativação está relacionada à extensão do dano foto induzido, à exposição à radiação entre 300 e 500 nm e ao pH e temperatura da água (PARROTTA & BEKDASH, 1998; WRIGHT & CAIRNS, 1998).

2.14.4 Cinética da desinfecção com radiação UV

Na desinfecção com UV, a dose de radiação é definida como sendo o produto da intensidade de energia pelo tempo de exposição:

$$D = I.t \quad (Eq. 1)$$

Em que:

D = Dose de radiação ultravioleta (W.s/cm²);

I = Intensidade da radiação (W/ cm²);

t = Tempo de exposição (s).

A absorção de radiação pelas partículas dispersas e pelo próprio líquido é obtida segundo a Lei de “Beer – Lambert” (PIRES et al., 1998):

$$I = I_0 \cdot e^{-x\alpha} \quad (\text{Eq. 2})$$

Em que:

I = Intensidade de radiação no meio líquido (W/cm^2);

I_0 = Intensidade de radiação na fonte (W/cm^2);

α = absorvância (cm^{-1});

x = espessura da camada líquida (cm).

Considerando como $x = 0$, a superfície na qual a intensidade de radiação é máxima ($I=I_0$) e que a intensidade mínima ocorre na superfície do líquido distante x da fonte, pode-se calcular a intensidade média integrando a Eq. 2 anterior, resultando em :

$$I_M = \frac{\int_0^x I_0 \cdot e^{-\alpha x} dx}{x} = \frac{I_0}{\alpha \cdot x} \left(1 - e^{-\alpha x} \right) \quad (\text{Eq. 3})$$

Assim, a dose média de radiação UV seria:

$$D_M = I_M \cdot t \quad (\text{Eq. 4})$$

A inativação, pela Lei de CHICK – WATSON, seria então :

$$\ln \frac{N}{N_0} = -K \cdot I_M \cdot t \quad (\text{Eq. 5})$$

Em que:

K = Coeficiente de letalidade à UV dos microrganismos;

I_M = Intensidade média da radiação germicida.

Na Tabela 16 são apresentados os valores do coeficiente de letalidade à UV de algumas bactérias, obtidos por PIRES et al. (1998) em experimentos com lâmpadas de baixa pressão (emissão de radiação UV a 254 nm):

Tabela 16: Constantes de Inativação UV de alguns microrganismos

Microrganismo	K (cm ² / mW s)
Eschechiria coli	2,50 x 10 ⁻³
Pseudomonas Aeruginosa	1,74 x 10 ⁻³
Aeromonas hydrophila	2,20 x 10 ⁻³
Streptococcus faecalis	1,23 x 10 ⁻³
Vibrio cholerae	2,07 x 10 ⁻³

Fonte: STANIER, DOUDOROFF & ADELBERG, 1963 apud MONTGOMERY, 1985

As lâmpadas de UV de baixa pressão – ou monocromáticas – emitem de 85% a 90% de radiações no comprimento de onda de 254 nm, de maior efeito germicida. Dessa forma, é considerada nos estudos cinéticos da desinfecção UV a intensidade média da radiação germicida a 254 nm.

Para as lâmpadas de média pressão – ou poli cromáticas –, as contribuições de cada radiação de diferente comprimento de onda devem ser consideradas na determinação da dose (MEULEMANS, 1998):

$$D = \sum_{\lambda=200\text{nm}}^{\lambda=315\text{nm}} I(\lambda)G(\lambda).t \quad (\text{Eq. 5})$$

em que :

$I(\lambda)$ = Intensidade de radiação a cada comprimento de onda λ ; e

$G(\lambda)$ = Espectro de ação germicida de cada comprimento de onda dependente do microrganismo a ser inativa do.

Não se tem estabelecido valores de doses mínimas a serem adotadas na desinfecção com radiação UV. Esta definição está vinculada a uma série de características particulares de cada sistema, dentre as quais se destacam:

- a) Características físico-químicas da água;
- b) Nível de contaminação microbiológica;

c) Impacto sobre os microrganismos das etapas de tratamento anteriores à desinfecção;

d) Histórico epidemiológico;

e) Grau de risco a ser assumido.

Ainda assim, há uma série de regulamentações que recomendam doses mínimas a serem adotadas nos processos de desinfecção com UV, conforme apresentado na Tabela 17.

Tabela 17: Doses mínimas de UV recomendadas para desinfecção

Organismos regulamentadores	Dose Recomendada (mW s/cm ²)	Observações
1) Entidades		
DHEW ⁽¹⁾	16	Padrão para desinfecção em barcos
ANSI/NSF ⁽²⁾	38	Classe A - desinfecção de vírus e bactérias
	16	Classe B - desinfecção complementar
USEPA	21	Remoção de 2 log de vírus da hepatite A
2) Estados dos EUA		
Arizona	38	Idem ANSI/NSF Classe A
Carolina do Norte	38	Idem ANSI/NSF Classe A
Nova Jersey	16	
Pennsylvania	16	Desinfecção de águas subterrâneas
Utah	16	
3) Países da Europa		
Áustria	30	
França	25	
Noruega	16	

⁽¹⁾ Department of Health, Education and Welfare, USA.

⁽²⁾ American National Standards Institute, USA

Fonte: PARROTTA & BEKDASH, 1998; WRIGHT & CAIRNS, 1998

O processo fotoquímico da desinfecção com radiação UV é responsável por uma baixa geração de subprodutos, portanto com mínimos riscos à saúde (CAIRNS, 1999). Alguns estudos reportam a formação de subprodutos da desinfecção com radiação UV, principalmente formaldeídos e acetaldeídos, na desinfecção de águas residuais (AWAD et. al., 1993 apud WRIGHT & CAIRNS, 1998). Também foi verificada a conversão de nitrato a nitrito em exposição à radiação UV abaixo de 240 nm (GROOCKOCK, 1998 apud WRIGHT & CAIRNS, 1998). Todavia, tal conversão não é preocupante em sistemas que utilizam lâmpadas de baixa pressão, cuja emissão predominante é de 254 nm.

Nos sistemas que utilizam lâmpadas de média pressão é possível impedir essa conversão mediante o uso de lâmpadas com camisas que absorvem a radiação abaixo de 240 nm.

Em síntese, a formação de subprodutos nos processos de desinfecção de águas de abastecimento com radiação UV é mínima, não tendo sido verificada a formação de subprodutos mutagênicos ou carcinógenos (WRIGHT & CAIRNS, 1998).

2.14.5 Descrição do efeito radiação ultravioleta aos microorganismos

A radiação ultravioleta é uma forma estabelecida, bastante estudada e utilizada e de crescente aplicação como alternativa aos agentes químicos tradicionais usados no processo de desinfecção de águas residuárias (DANIEL, 2000)

O efeito germicida desse tipo de energia foi reportado pela primeira vez por Downs e Blunt, 1877. Entretanto, a radiação ultravioleta utilizada como alternativa para desinfecção é conhecida desde o início do século XX, mas, por problemas de confiabilidade de equipamento, tecnologia, entre outros, foi abandonada. Posteriormente, superada a maioria desses problemas, o método de desinfecção por radiação ultravioleta começou a ganhar popularidade, principalmente nos países europeus, e a pesquisa e o desenvolvimento desse método têm aumentado bastante. Um dos fatores para sua popularização é o custo, que o torna competitivo economicamente se comparado à cloração. As primeiras instalações de desinfecção com radiação ultravioleta ocorreram na Suíça e na Áustria, em 1955, sendo que, em 1985, ambos os países contavam com aproximadamente 500 e 600 instalações respectivamente. A radiação ultravioleta está situada na faixa de 40 a 400 nm de comprimento de onda (DANIEL, 2000).

Estimativa da USEPA – United States Environmental Protection Agency – aponta para 3000 instalações de desinfecção por UV em todo planeta, 2000 no continente europeu e 1000 nos EUA (WRIGHT & CAIRNES, 1998).

A desinfecção com radiação ultravioleta normalmente emprega lâmpadas de baixa pressão de vapor de mercúrio. A inativação dos microorganismos ocorre

quando a radiação UV penetra a parede celular e é absorvida pelos ácidos nucléicos e em menor extensão pelas proteínas e outras moléculas biologicamente importantes (DANIEL, 2000).

Uma fração importante da população de bactérias presente no esgoto sanitário faz parte da micro biota do trato gastrointestinal dos seres. Dentre elas, destaca-se o grupo das bactérias coliformes fecais, ou mais recentemente denominadas coliformes termo tolerantes, selecionado, por suas características, como organismo indicador de contaminação de águas de maneira geral. Normalmente, os organismos indicadores não são causadores de doenças, porém estão associados à provável presença de organismos patogênicos de origem fecal na água. Além das bactérias não patogênicas, oriundas do trato intestinal de humanos e animais, os esgotos sanitários também contêm bactérias patogênicas que causam doenças gastrointestinais em humanos, como febre tifóide, cólera, diarréia e disenteria (Ex: *Salmonella* spp. e *Shigella* spp.). Geralmente, são os organismos patogênicos mais sensíveis à ação de desinfetantes físicos e químicos (GONÇALVES, 2003).

A região do espectro eletromagnético que compreende a radiação UV é particularmente indicada na inativação de microrganismos. A energia a ela associada, quando atinge importantes grupamentos bioquímicos, pode provocar lesões irreversíveis e organismos não hábeis à sobrevivência. Em 260 nm seu efeito germicida alcança eficiência máxima, atuando principalmente na dimerização de bases nitrogenadas nos ácidos desoxirribonucleico (DNA) e ribonucléicas (RNA) (Skoog, 1994).

Em unidades de desinfecção o desempenho da radiação UV está vinculado principalmente a aspectos práticos do projeto, que incluem a configuração do reator fotoquímico (mecanismo de mistura do meio líquido e grau de refletividade do material empregado na sua construção), a manutenção da fonte luminosa e a composição físico-química do efluente (Phillips, 1983).

Em efluentes secundários a literatura reporta dosagens na faixa de 30 a 45 mW.s/cm² para inativação de coliformes totais, fecais e *Streptococcus fecalis* com remoções de 3 a 5 log, embora doses mais elevadas possam ser necessárias em

casos de efluente de baixa qualidade, elevado nível de contaminação ou ainda ante microrganismos mais resistentes à desinfecção (Lazarova, 1999).

Após uma exposição à radiação não ionizante, uma suspensão bacteriana terá ainda uma pequena parte de células viáveis, ou seja, capazes de formar colônias. Se a suspensão bacteriana após exposta à luz ultravioleta, ser então exposta à luz visível, a parte de células que restam ainda viáveis será maior. Este fenômeno ocorre devido a uma enzima foto dependente, que realiza a clivagem dos dímeros de timina do DNA, recuperando sua estrutura normal; então células que foram aparentemente lesadas sofrem uma reativação à luz visível, esta reativação, porém nunca atinge 100% das células (APECIH, 1998).

Os sistemas de desinfecção UV dependem de três fatores críticos: propriedades hidráulicas do reator, a características do líquido, e intensidade de radiação UV (USEPA, 1999).

As propriedades hidráulicas podem ser bem controladas através da adoção de parâmetros de projeto como relação comprimento/largura, velocidades de escoamento e dispositivos de entrada e saída.

A adoção de processos biológicos confiáveis quanto à produção de efluentes com teores de SS e turbidez muito baixos garante o bom desempenho da ação do UV na desinfecção.

2.15 Coagulação/Floculação

As partículas coloidais presentes nos efluentes industriais numa faixa de pH entre 5 e 10, geralmente, são carregadas negativamente. Estas cargas negativas atraem os íons positivos dissolvidos na água formando uma camada com predominância de cargas positivas em volta das partículas, ou seja, formando uma camada estável e compacta (Tambosi, 2005).

A coagulação corresponde à desestabilização da dispersão coloidal, obtida por redução das forças de repulsão entre as partículas coloidais, por meio da liberação de produtos químicos seguido por agitação com o intuito de homogeneizar a mistura. A floculação, que ocorre quase simultaneamente com a

coagulação, é a aglomeração de partículas coaguladas e de matéria em suspensão na água, formando conjuntos maiores e mais densos, denominados flocos (Tambosi, 2005).

Os principais coagulantes inorgânicos são os sais trivalentes de ferro e alumínio. Esses complexos inorgânicos não são totalmente efetivos na remoção de cor residual de certos tipos de corantes (ácidos e reativos). Para se obter resultados melhores, foram desenvolvidos coagulantes do tipo polieletrólitos altamente catiônicos e de baixo peso molecular, os quais são usados sozinhos ou em combinação com sais metálicos (Andrade, 2003).

2.15.1 Sistema Coloidal

Colóide é uma dispersão de partículas de um material em outro e se classifica como:

Sol – quando uma partícula em fase sólida está dispersa em uma fase líquida, ou uma dispersão de um sólido em um líquido;

Emulsão – dispersão de um líquido em um líquido;

Aerossol – dispersão de um líquido ou um sólido em um gás.

Quando se tem uma água como solvente, um sólido pode ser hidrófobo ou hidrófilo. Colóides hidrófobos são os que repelem a água, tendo como fase dispersa material insolúvel em água e ocorrem em maior frequência nas águas para abastecimento. Colóides hidrófilos são solúveis em água, atraindo para perto de si moléculas do meio dispersivo, formando uma película protetora e tornando o colóide bastante estável (dificulta a coagulação e a floculação). Alguns exemplos desse grupo são os detergentes, sabões, óleos e graxas, quando dispersos em água (AZEVEDO NETTO, 1976; CUBAS, 1999).

O tamanho das partículas coloidais situa-se entre 10^{-3} e $1 \mu\text{m}$. As partículas coloidais apresentam cargas elétricas que produzem forças de repulsão suficientemente grandes, ao ponto de mantê-las separadas em suspensão. Ao desestabilizar as cargas, as partículas coloidais se aglomeram progressivamente, possibilitando sua separação. As forças de atração molecular entre as partículas,

conhecidas como Forças de Van Der Waals, são causadas pela interação de partículas dipolares permanentes ou induzidas, enquanto as forças de repulsão ocorrem devido ao Potencial Zeta.

Os colóides presentes em águas geralmente possuem carga elétrica negativa que atrai íons de carga positiva, formando uma capa de íons aderidos em torno da superfície do colóide e circundada por uma camada externa difusa, mantendo-se próxima à superfície da partícula pelas forças eletrostáticas. As partículas coloidais mantêm-se em suspensão devido à repulsão entre si, causada pelos íons de mesma carga. (RICHTER, 1999).

2.15.2 Flotação

A flotação é uma operação unitária de separação de partículas líquidas ou sólidas em função da diferença de densidade. A ação de separação ocorre pela introdução de bolhas finas de gás na fase líquida, gerando um fenômeno cinético associado a uma ação probabilística (choque entre partículas e micro bolhas). A flotação é dependente dos processos de coagulação e floculação que antecedem à flotação, pois as características do floco (partículas) são essenciais para a sua separação, juntamente com as bolhas formadas que aderem às partículas, exercendo uma força ascendente que provoca a separação (Carreira, 2006).

Grande parte dos materiais presentes em um efluente responsáveis por sua contaminação, não são passíveis de serem removidos pela simples separação física. Os processos físico-químicos aplicados com o objetivo de clarificar efluentes são baseados na desestabilização dos colóides por coagulação/floculação, e separação das fases por sedimentação ou flotação (GHANDI, 2005).

A flotação é um processo físico utilizado na clarificação de efluentes com altos teores de óleos e graxas como indústrias petroquímicas, de pescado e frigoríficas, apresentando resultados significativos na redução de material poluidor. (WATRAS e HUCKABEE, 1994). Tem sido extensivamente aplicado na área minero-metalúrgica e se encontra totalmente incorporado na maioria dos processos extrativos e de beneficiamento (FOERSTMAN, 1976). O processo surgiu no processamento de minérios e como tal, tem sido empregado em

operações de separação sólido/sólido usando espumas estáveis para separar diferentes minerais (KENNETH, 1984). Entretanto, com exceção da flotação por ar dissolvido, sua aplicação como tecnologia de descontaminação de efluentes líquidos ainda é pouco difundida (RUBIO et al., 2002).

2.15.3 Floculação

O processo de floculação pneumática em linha e separação por flotação (processo FF), difere dos sistemas convencionais principalmente com relação à forma como é realizada a floculação e a adesão bolha/floco (ROSA, 2005). Os atuais processos de floculação possuem uma etapa de mistura rápida, para difusão do floculante e formação dos flocos primários, seguida de uma etapa de mistura lenta para o crescimento dos flocos, realizados em tanques com agitação mecânica. Após, ocorre a separação das fases por sedimentação ou por flotação, que é promovida através da introdução de bolhas de ar que colidem e formam o agregado bolha/floco dentro da câmara de flotação. No processo floculação pneumática em linha, a agitação necessária para promover a floculação é proporcionada pela injeção de ar no fluxo contendo o efluente e o agente floculante, e a passagem desta mistura bifásica (ar-água) por misturadores instalados em linha. A circulação deste fluxo heterogêneo pelos misturadores gera uma alta turbulência e proporciona uma mistura do tipo fluxo pistão, ideal para a floculação (BRATBY, 1980), onde todas as partículas apresentam o mesmo tempo de residência (Figura 05). Neste sistema, além da floculação ser favorecida, ocorre a dispersão do ar injetado sob forma de pequenas bolhas que se aderem e/ou aprisionam-se ao floco durante a sua formação (Figura 06). Como resultado, formam-se grandes flocos (agregados) aerados que “flutuam” e são separados facilmente na câmara de flotação.

Os flocos aerados formados no processo de floculação pneumática em linha possuem as seguintes características:

- Tamanho na ordem de centímetros;
- Velocidade de ascensão significativamente maior do que a velocidade de bolhas de ar independentes;

- Alta resistência ao cisalhamento em condições turbulentas;
- Conformação alongada, tipo fibrosa;
- Baixo teor de umidade.

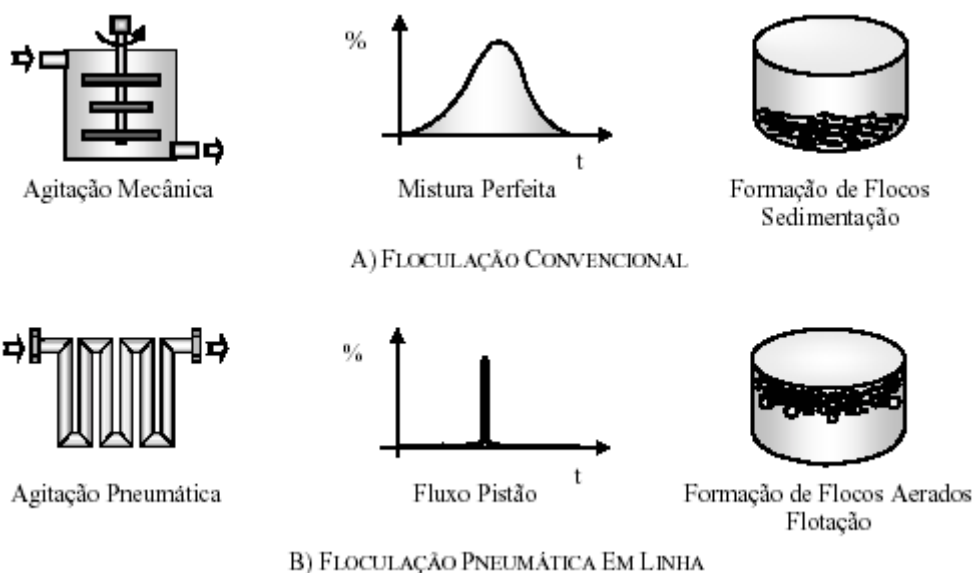


Figura 05: Diferenças entre os processos de floculação convencional e a floculação pneumática em linha.

FONTE: BRATBY, 1980.

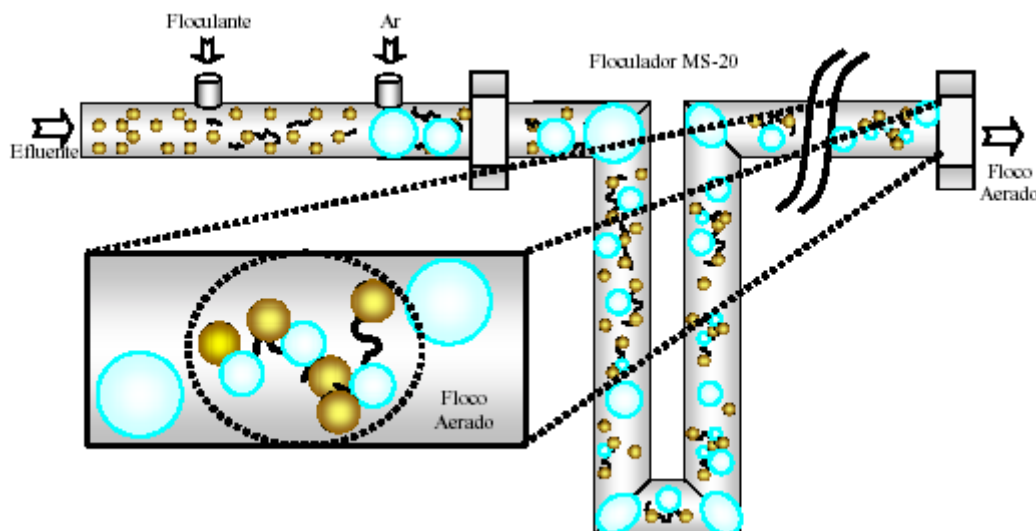


Figura 06: Formação dos flocos aerados no processo de floculação pneumática em linha.

FONTE: BRATBY, 1980.

A formação de flocos aerados ou aeroflocos, tem sido recentemente reconhecida por outros autores em distintos flotadores (Colic et al., 2001, MILLER, 1999). Segundo estes autores, os aeroflocos são estruturas compostas

por partículas ou colóides floculados por polímeros catiônicos de alto peso molecular, contendo ar aprisionado na forma de micro bolhas.

2.15.4 Potencial Zeta

A medida do potencial elétrico entre a superfície externa da camada compacta e o meio líquido no qual se desenvolve é chamada de Potencial Zeta e mede o potencial de uma partícula em movimento livre em um líquido.

As forças eletrostáticas atraem os íons de carga contrária ao colóide, enquanto que a agitação térmica e o movimento browniano são responsáveis pela distribuição homogênea na massa líquida. Esse sistema composto de cargas, superfície do colóide e camada do sinal contrário, é chamado de dupla camada.

O Potencial Zeta é uma função da carga da camada difusa. Sua extensão é proporcional à velocidade, ou seja, quanto maior a densidade e extensão da camada difusa, maior será a velocidade da partícula dispersa sob a ação de um campo elétrico, ao passo que o atrito entre as partículas e o líquido que contém a camada difusa será menor (AZEVEDO NETTO, 1976).

O Potencial Zeta é positivo quando as partículas migram do pólo positivo para o pólo negativo, e negativo quando ocorre o contrário. As forças de Van Der Waals, mais representativas que as forças gravitacionais, diminuem à medida que aumenta a distância entre as partículas, não tendo efeito significativo, a não ser quando as partículas estão muito próximas.

Quando estão muito próximas, as forças de Van Der Waals provocam a aderência entre as partículas formando aglomerados passíveis de serem removidos. Para que isso ocorra, é necessário reduzir a força de repulsão eletrostática, ou seja, o Potencial Zeta (RICHTER e AZEVEDO NETTO, 1991).

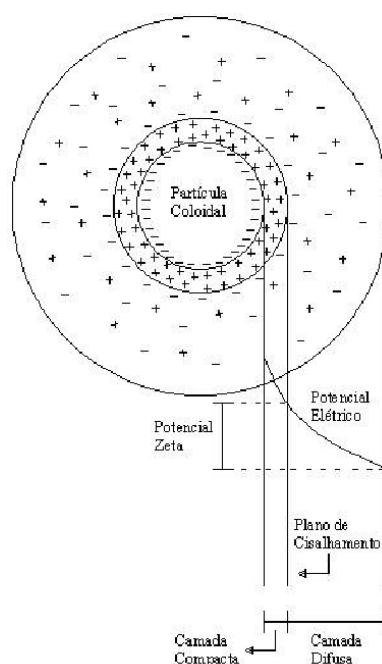
2.15.4.1 Configuração da Dupla Camada Elétrica

A dupla camada elétrica é formada por duas superfícies de cargas elétricas opostas mantidas por forças eletrostáticas. A concentração das cargas contrárias diminui exponencialmente entre as fronteiras da camada compacta e da camada difusa até igualar a concentração de cargas da solução, intervalo esse em que o potencial elétrico formado é conhecido como Potencial Zeta. A dupla camada

elétrica exerce uma significativa importância, pois é responsável pela estabilidade do sistema coloidal, tornando impossível sua separação do líquido por meio de decantação (RICHTER e AZEVEDO NETTO, 1991).

A desestabilização das partículas coloidais ocorre pelas forças de gravidade, Van der Waals e pelo movimento Browniano. O trabalho necessário para manter afastadas duas partículas coloidais, partindo-se de uma distância infinita, chama-se potencial de repulsão e, tanto maior será essa força quanto menor for a distância entre as partículas.

À medida que aumenta a concentração iônica da camada difusa, diminui o Potencial Zeta. Com isso, ocorre uma redução das forças de repulsão, possibilitando a aglomeração das partículas mediante aumento da concentração eletrolítica da solução ou através da neutralização das cargas com adição de íons com cargas opostas, por meio de coagulantes químicos ou polieletrólitos.



A figura 07: Representa o comportamento da configuração da Dupla Camada Elétrica. Representação de uma partícula coloidal negativa, com uma nuvem de cargas positivas ao seu redor.

FONTE: SENA, 2005.

Segundo DI BERNARDO (1993), a estabilização estérica ocorre devido à adsorção de polímeros na superfície das partículas coloidais. Essa reação pode tanto estabilizar quanto desestabilizar, dependendo, principalmente, da

quantidade de polímero e de partículas, da afinidade entre o polímero das partículas e a água, e o tipo e concentração de eletrólitos presentes na solução.

As interações repulsivas entre partículas coloidais com polímeros adsorvidos podem ocorrer de duas maneiras, através da compressão ou pela interpenetração.

2.15.5 Coagulação

O termo “coagulação” é originário do latim *coagulare*, que significa “manter-se junto”. Esse processo descreve o efeito produzido pela adição de um produto químico sobre uma dispersão coloidal, resultando na desestabilização das partículas através da redução das forças que tendem a manter as mesmas afastadas (BAUMANN, 1971).

As partículas coloidais que conferem turbidez e cor, principalmente em águas naturais, são carregadas com íons negativos. A desestabilização por meio da adição de produtos químicos adequados na água provoca a aglomeração das partículas para posterior remoção por meio de sedimentação, flotação ou filtração (CARDOSO, 2003).

Estudos sobre a cinética das reações, estabilidade das partículas e química da coagulação são de fundamental importância para a otimização deste processo. A compreensão da coagulação melhorou muito com os trabalhos realizados sobre o Potencial Zeta, a desestabilização das partículas e o tempo de formação dos flocos, bem como a otimização da intensidade da mistura, determinando os gradientes de velocidades mais adequados no processo de coagulação (DI BERNARDO, 1993).

Segundo AZEVEDO NETTO (1976), “coagular significa reduzir o Potencial Zeta a tal ponto que se consiga a união das partículas coloidais produzindo flocos”. Alguns passos são necessários para se obter a coagulação-floculação, tais como:

- redução do Potencial Zeta;

- fornecimento de energia para provocar agitação que acarrete maior número de choques;

- adição de produtos químicos que auxiliem na formação de aglomerados de partículas.

As reações de adsorção-desestabilização são extremamente rápidas, ocorrendo em frações de segundos, aproximadamente 1 s (RICHTER e AZEVEDO NETTO, 1991).

A coagulação por arraste é mais lenta, concluindo-se entre 1 e 7 s. A coagulação por adsorção é mais indicada para filtração direta ou filtração por contato, enquanto que a coagulação por arraste é mais indicada para o processo de sedimentação, que necessita de flocos maiores.

Na adsorção-desestabilização, é importante que os coagulantes se dispersem de forma instantânea (menos que 0,1 s) na água, de tal maneira que os produtos de hidrólise desestabilizem o colóide. (RICHTER e AZEVEDO NETTO, 1999), recomendam uma mistura rápida, com gradientes de velocidade na ordem de 1000 s^{-1} e tempos de mistura iguais ou inferiores a 1 s.

A figura 08 a seguir, mostra o mecanismo de agregação das partículas.

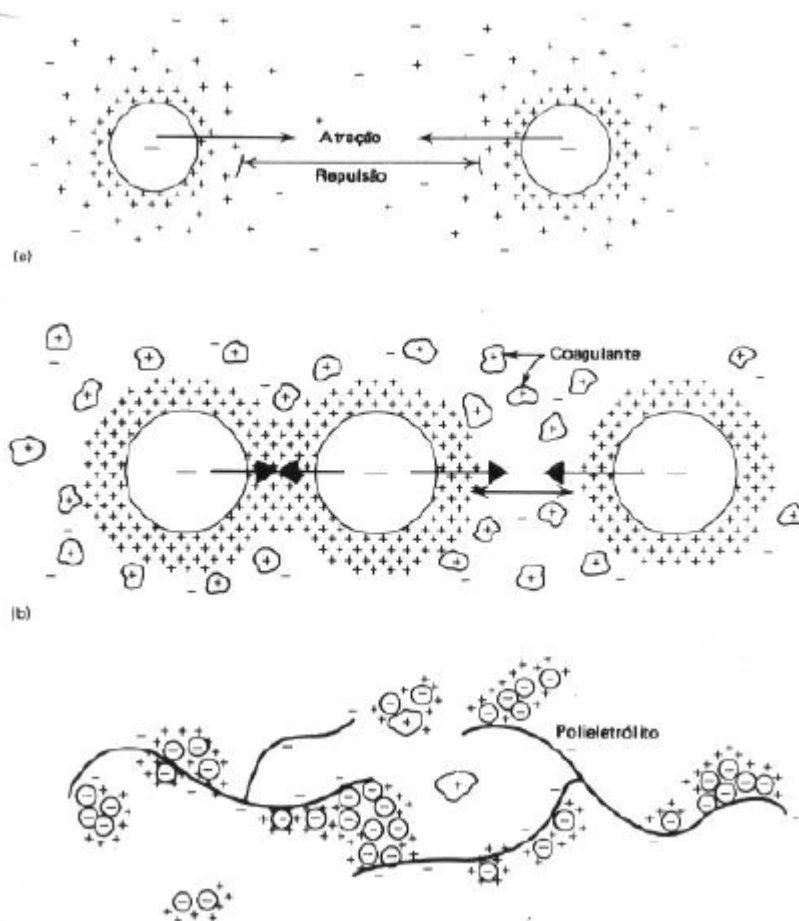


Figura 08: Desestabilização das cargas dos colóides, com subsequente formação de aglomerados de partículas.

FONTE: SANTOS FILHO, 1973.

2.15.6 Mistura Rápida

A mistura rápida é a mistura do coagulante com a água a ser tratada. Esse processo ocorre sob forte agitação e altos gradientes de velocidade ($700s^{-1}$) e é muito rápido, variando de décimos de segundo até cerca de 100 s, dependendo das características da água, como pH, temperatura, quantidade de impurezas, etc.

A eficiência da coagulação depende muito do sucesso do processo de mistura rápida (KAWAMURA, 1997), pois a coagulação está relacionada com a formação dos primeiros complexos de cátions metálicos hidrolisados. Esta reação de hidrólise é muito rápida e, para haver a desestabilização dos colóides, é indispensável a dispersão de alguns gramas de coagulante sobre toda a massa de água em um tempo muito curto, o que implica na necessidade de aplicá-lo em uma região de grande turbulência proporcionando uma distribuição equânime e uniforme do coagulante à água (AZEVEDO NETO et al., 1991).

2.15.7 Mecanismos da Coagulação

O fenômeno da coagulação caracteriza-se pela alteração da força iônica do meio. Em tratamento de água e efluentes isto é feito, principalmente, pela adição de sais de alumínio ou de ferro ou de polímeros sintéticos. A literatura apresenta quatro principais formas de desestabilização de partículas coloidais (FERREIRA et al. 1997; CUBAS, 1999; HASSEMER, 2000): a) compressão da camada difusa, b) adsorção e neutralização, c) varredura, d) adsorção e formação de pontes.

2.15.7.1 Compressão da Camada Difusa

A introdução de um eletrólito diferente num sistema coloidal causará um aumento na densidade de cargas na camada difusa e diminuirá a “esfera” de influência das partículas, ocorrendo a coagulação por Compressão da Camada Difusa. Concentrações elevadas de íons positivos e negativos acarretam acréscimo do número de íons na camada difusa que, para manter-se eletricamente neutra, tem seu volume reduzido, de tal modo que as forças de Van der Waals sejam dominantes, eliminando a estabilização eletrostática.

Dois aspectos são importantes nesse mecanismo de coagulação: a) para haver a coagulação, a quantidade de eletrólitos é praticamente independente da concentração de colóides na água. b) para qualquer quantidade adicionada de eletrólitos, é impossível causar a reestabilização das partículas coloidais, ou seja, a reversão da sua carga, que passa a ser positiva.

2.15.7.2 b) Adsorção e Neutralização de Cargas

O mecanismo de adsorção-neutralização de carga é muito importante quando o tratamento é realizado através da tecnologia de filtração direta, pois as partículas desestabilizadas são retidas no meio filtrante.

A desestabilização de uma dispersão coloidal consiste nas interações entre coagulante-colóide, coagulante-solvente e colóide-solvente. As interações do coagulante-solvente são responsáveis pela adsorção do coagulante na interface colóide-água. No caso de espécies hidrolisadas de alumínio e ferro ou de polímeros sintéticos catiônicos, é comum ocorrer a adsorção específica, causada pela interação entre coagulante e colóide.

2.15.7.3 c) Varredura

A formação de precipitados do tipo $\text{Al}(\text{OH})_3$ ou $\text{Fe}(\text{OH})_3$ poderá ocorrer dependendo da quantidade adicionada destes sais, do pH da mistura e da concentração de alguns tipos de íons na água. As partículas coloidais são envolvidas pelos precipitados e, como este mecanismo não depende da neutralização da carga dos colóides, a condição ótima da coagulação pode não corresponder àquela em que é mínimo o potencial zeta.

O mecanismo de varredura é intensamente utilizado nas estações de tratamento em que se tem a floculação e a sedimentação antecedendo a filtração, pois os flocos resultantes são de maior tamanho e apresentam velocidades de sedimentação relativamente maiores do que os dos flocos obtidos com a coagulação realizada no mecanismo de adsorção-neutralização.

2.15.7.4 d) Adsorção e Formação de Pontes

Este mecanismo é desenvolvido por intermédio da utilização de compostos orgânicos utilizados como coadjuvantes de coagulação. Existe uma variedade significativa de compostos orgânicos sintéticos e naturais caracterizados por grandes cadeias moleculares, que apresentam sítios ionizáveis ao longo da cadeia e atuam como coagulantes.

2.15.8 Coagulantes

A escolha do coagulante e sua aplicação é muito importante no tratamento de efluentes industriais.

Os coagulantes podem ser classificados em polieletrólitos ou auxiliares de coagulação e coagulantes metálicos (LEME, 1990).

Os coagulantes mais empregados são os inorgânicos (sais de alumínio e ferro), como por exemplo, o sulfato de alumínio, o cloreto férrico e o sulfato férrico. São também utilizados os coagulantes orgânicos com densidade de carga

positivas também chamados de polímeros catiônicos, que podem ser sintéticos ou naturais (quitosana, por exemplo).

A diferença entre os coagulantes metálicos e os polímeros catiônicos está na sua reação hidrolítica com a água. Nos polieletrólitos, as cadeias polimerizadas já estão formadas quando eles são adicionados no meio líquido.

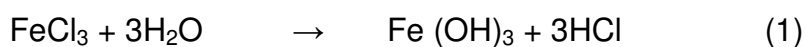
Nos coagulantes metálicos, a polimerização se inicia no contato com o meio líquido, vindo a seguir a etapa de adsorção dos colóides existentes no meio (PHILIPPI, 2001).

2.15.8.1 Cloreto Férrico

A reação a quente do ácido clorídrico concentrado com o minério de ferro (hematita- Fe_2O_3), seguida de resfriamento e filtração proporciona a produção de cloreto férrico (FeCl_3) com elevado índice de pureza. A concentração final do produto é determinada em torno de 40% em peso de FeCl_3 (PAVANELLI, 2000).

A utilização de FeCl_3 reduz drasticamente a cor, turbidez, quantidade de sólidos suspensos, DBO, além de eliminar fosfatos.

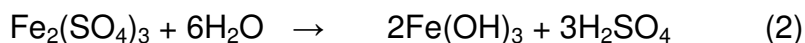
A equação a seguir refere-se à reação de hidrólise do cloreto férrico, sendo esta, a responsável pela formação de hidróxido de ferro, que possui ação coagulante sobre as partículas:



2.15.8.2 Sulfato Férrico

O sulfato férrico vem ganhando espaço no tratamento de efluentes tanto devido a sua menor corrosividade, como devido à significativa redução de custos, visto que, ele é, em média, 30% mais barato em relação ao cloreto férrico. Sua produção é análoga à produção do cloreto férrico, através da reação do minério de ferro com o ácido sulfúrico, com concentração final em torno de 40% em peso de sulfato férrico (SENA, 2005).

A equação 2 refere-se à reação de hidrólise do sulfato férrico:



Quando há adição de um dos coagulantes férricos no efluente, também ocorrem reações de hidrólise do hidróxido de ferro, como mostra a equação 3 a seguir.



Os sais metálicos, de maneira geral, quando utilizados na coagulação consomem alcalinidade e podem diminuir o pH da água residual.

2.15.8.3 Hidroxicloreto de Alumínio ou Poli cloreto de Alumínio (PAC)

O hidroxicloreto de alumínio, na maioria dos casos, revela-se como coagulante superior ao sulfato de alumínio. Para a eliminação de substâncias coloidais, sua eficácia, em média, é 2,5 vezes superior em igualdade de dosagem ao íon Al^{3+} à dos outros sais de alumínio habitualmente utilizados (PAVANELLI, 2000; SRIVASTAVA et al. 2005).

O hidroxicloreto de alumínio é um sal de alumínio prepolimerizado, de fórmula bruta $\text{Al}_n(\text{OH})_n\text{Cl}_{3n}^{-m}$ na qual a relação $m/3n \cdot 100$ representa a basicidade do produto. Em função dessa basicidade, o hidroxicloreto de alumínio, durante a hidrólise, libera, em igualdade de dosagem de íons metálicos, uma quantidade de ácido consideravelmente menor do cloreto de alumínio e dos coagulantes tradicionais como sulfato de alumínio e cloreto férrico. Isso provoca uma menor variação do pH do meio tratado ou um menor consumo de neutralizante para reconduzir o pH ao seu valor original.

Devido ao seu estado prepolimerizado e à característica de sua estrutura molecular condensada com pontes de oxigênio entre os átomos de alumínio, o hidroxicloreto de alumínio apresenta vantagens na floculação em relação aos demais coagulantes inorgânico não prepolimerizados, principalmente pela maior concentração do elemento ativo (Al_2O_3). O hidroxicloreto de alumínio, polímero mineral de peso molecular elevado, é produzido em alguns países e é conhecido como PAC (Poly Aluminium Chloride).

2.15.9 Floculação

A floculação consiste na agregação das partículas já desestabilizadas, resultante do choque entre as mesmas, formando partículas maiores e mais densas (microflocos), passíveis de separação. Ocorre sob condições de agitação lenta. Os gradientes que produzem tensão cisalhante nos flocos existentes são limitados para que não ultrapassem a capacidade de resistência ao cisalhamento dessas partículas. A representação matemática da floculação tem sido baseada considerando o processo em duas etapas: transporte e atração.

O transporte levando à colisão das partículas é realizado devido à variação da velocidade do fluido/ partícula resultante de:

- a) movimento Browniano das partículas (floculação pericinética);
- b) gradientes de velocidade devido à agitação (floculação ortocinética);
- c) diferenças na velocidade de sedimentação/flotação das partículas individualmente (sedimentação diferencial).

A atração é então parte de um número de pequenas forças variáveis geralmente pertencentes à natureza da superfície da própria partícula.

Os dois preceitos são sucintamente expressos como uma taxa de sucedidas colisões entre partículas de diferentes tamanhos. Os tamanhos das partículas envolvidas na colisão têm um efeito significativo nos valores de várias taxas de floculação (THOMAS et al., 1999).

Relações complexas existem entre os numerosos fatores que afetam o fenômeno da floculação. Estes fatores podem ser: o sistema químico, incluindo o tipo e concentração do coagulante, pH, alcalinidade, tipo e concentração de íons no meio líquido; heterogeneidade de uma suspensão em relação ao tipo, tamanho e fração de volume de partículas; e o tipo de reator incluindo o grau de mistura e variação na escala e intensidade da turbulência (AYOUB, 1996).

O pH de floculação do meio líquido é muito importante. Um pH entre 6 e 7, está numa variação efetiva para floculação com alumínio, mas sais de ferro como

cloreto férrico e sulfato férrico fornecem uma variação muito grande de pH para a formação dos flocos. Deve ser notado que a variação do pH ótimo depende dos tipos de sólidos suspensos e da temperatura do meio líquido, especialmente na floculação com alumínio (MCCONHACHIE et al. 1999).

O efeito da temperatura no processo de floculação também é muito importante. O tempo de formação dos flocos é muito menor em meio líquido frio quando o alumínio é usado como coagulante. Entretanto, o uso de coagulante férrico em meio líquido frio geralmente resulta em uma rápida formação de flocos e a turbidez se mantém igual ou menor do que a floculação com alumínio em meio líquido quente (ERNEST et al., 1995).

2.15.10 Gradiente de Velocidade

O gradiente de velocidade é o parâmetro mais importante na cinética de floculação. O nível de intensidade de mistura e o tempo de mistura influencia as características físicas da formação dos flocos. A energia de mistura é comumente denominada Gradiente de Velocidade e é expressa como G . O gradiente de velocidade é originado nos fundamentos da mecânica dos fluídos. Ao iniciar-se o movimento de um fluído dentro de um tubo, as velocidades de escoamento em todos os pontos de um plano normal ao eixo do tubo são praticamente iguais. Junto à parede do tubo forma-se uma camada estacionária, denominada “camada limite de Prandtl”. Com o movimento do fluído, outras camadas do fluído irão se atritar com aquela, gerando esforços tangenciais entre si, deslocando-se com velocidades diferentes, originando, em virtude de tais forças de resistência, “gradientes de velocidade” que se estendem por toda a seção transversal do tubo.

No escoamento laminar o perfil da velocidade é inteiramente desenvolvido no plano normal ao eixo do tubo. Neste tipo de escoamento o fluído se move em lâminas paralelas e em velocidades relativamente baixas.

Em velocidades mais elevadas, o escoamento apresentará comportamento laminar somente nas paredes do tubo enquanto que no restante do tubo, o fluído apresentará flutuações caóticas em todas as direções, tornando-se turbulento.

Os choques entre partículas podem ocorrer entre íons, moléculas, colóides e partículas em suspensão. A agitação aumenta a probabilidade de colisões entre as partículas facilitando a agregação. O conceito de gradiente de velocidade teve origem nas primeiras teorias sobre conjunção de partículas, por VON SMOLUCHOWSKI em 1916, que introduziu uma expressão relatando a frequência de colisão entre as partículas, e também o gradiente de velocidade em regime de fluxo laminar (AYOUB, 1996).

Foi observado que o diâmetro do floco pode crescer até certo valor máximo. Quanto maior o gradiente de velocidade G , menor o diâmetro do floco e maior será a sua densidade.

2.15.11 Os Polímeros Utilizados como Flocculantes

Os polímeros ou polieletrólitos são constituídos de monômeros simples que são polimerizados às substâncias de alto peso molecular com pesos moleculares variando de 10^4 a 10^6 (METCALF e EDDY, 1995). Os polímeros podem variar no peso molecular, estrutura, intensidade de carga, tipo de carga e composição. A intensidade da carga depende do grau de ionização dos grupos funcionais, o grau de co-polimerização e/ou da quantidade de grupos substituídos na estrutura do polímero (WAKEMAN e TARLETON, 1999).

Há três tipos de polímeros que podem ser usados: catiônico, aniônico e naniônico. O catiônico é aquele que quando dissolvido em água se ioniza, adquire carga positiva e atua como um autêntico cátion. O aniônico, de maneira semelhante, adquire carga negativa e atua como ânion. O naniônico é aquele que não se ioniza em água. Os polímeros naniônicos não são polieletrólitos, mas são incluídos nessa categoria devido à semelhança de suas aplicações.

Nos polímeros catiônicos a carga positiva fica ligada ao corpo do polímero, ou seja, à cadeia do mesmo, e nos aniônicos a carga negativa é a que fica ligada ao corpo do polímero (SANTOS FILHO, 1973).

Os polímeros de peso molecular alto têm cadeias muito longas e por isso são capazes de estabelecer ligações entre partículas diminutas dispersas na água, facilitando sua aglutinação e as transformando, conseqüentemente, em

partículas relativamente grandes. Para que a aglutinação de partículas suspensas na água se verifique é necessário que a molécula do polímero seja adsorvida nas superfícies de duas ou mais destas partículas. Para tanto, são fundamentais a carga, o peso molecular e o grupo funcional do polímero. A carga do polímero serve para neutralizar as cargas da matéria em suspensão na água e o grupo funcional, quanto mais atuante, mais facilitará a adsorção das partículas ao polímero (SANTOS FILHO, 1973).

Adicionando-se um excesso de polímero catiônico a uma água a ser clarificada, as partículas suspensas irão adquirir cargas positivas e permanecerão dispersas no seio da água. Isso se constitui o que se chama “reversão de carga” da matéria em suspensão, pois de negativas que eram tornaram-se positivas. A seguir neutraliza-se com cuidado o excesso de cargas positivas usando-se um polímero aniônico. Aqui notar-se-á a aglutinação das partículas e a conseqüente clarificação da água (DI BERNARDO, 1993).

2.15.11.1 Polímeros Aniônicos à Base de Poliacrilamida (PAM)

Os polímeros aniônicos são polieletrólitos com massas molares típicas entre 12-15 mg. mol⁻¹ (mais de 150.000 monômeros de acrilamida por molécula), comercialmente disponíveis na forma sólida (granular) necessitando de intensa agitação durante a dissolução em concentrações recomendadas entre 0,25 e 1,0% (p/v) para uma dissolução satisfatória, sendo eficientes em dosagens muito baixas (ENTRY et al., 2002).

Estes polímeros em geral são efetivos dentro de uma ampla faixa de pH, cujas características aniônicas permitem a neutralização de cargas positivas presentes na superfície das partículas suspensas em meio aquoso. Além disso, por efeitos de adsorção e formação de pontes intermoleculares de partículas em suspensão, é possível formar flocos maiores que serão mais facilmente separados do meio. (BIGGS et al., 2000).

2.15.12 Teste de Jarros

A dosagem de coagulante de um auxiliar de coagulação necessária para o tratamento de um efluente é de difícil determinação de forma analítica, pois existem complexas inter-relações entre o coagulante químico e os diversos

componentes presentes nos efluentes a serem tratados, entre eles fatores como o pH, a temperatura, intensidade e duração da mistura. Para tanto, equipamentos conhecidos como Jar-Test são utilizados para obter a dosagem mais eficiente e econômica de coagulante para uma determinada intensidade e duração de mistura. Esse ensaio também é bastante utilizado em laboratório para determinar parâmetros básicos fundamentais na elaboração de projetos de estações de tratamento de água. É através dos testes de jarros em laboratório que se obtém o tempo e a agitação necessária à condição ótima de coagulação/floculação de um efluente. Uma vez determinada a dosagem ótima dos coagulantes, verifica-se o tempo e o gradiente de velocidade ótimo para se flocular o efluente em estudo. A floculação obtida deve apresentar uma boa porcentagem no decaimento da turbidez após a decantação (AZEVEDO NETTO et al., 1976).

Segundo MENDES (1989), para cada tempo de floculação existe um gradiente de velocidade ótimo, com o qual se obtém a maior eficiência de remoção de flocos por sedimentação (DI BERNARDO et al., 1993).

O efluente bruto tem suas características modificadas ao longo do dia, necessitando para isso um mínimo de dois ensaios de jarros por dia, sendo que, cada ensaio deverá determinar o pH ótimo de coagulação e a dosagem ótima de coagulante. Esses ensaios, mesmo quando realizados por técnicos experientes, duram pelo menos duas horas e são de difícil automação, pois não operam em contínuo com a Estação de Tratamento de Efluentes.

A rotina de realização dos testes de jarros pode ser encontrada em vários textos técnicos (CEPIS, 1992; Kawamura, 2000; Di Bernardo et al., 1993; entre outros). Geralmente essa rotina envolve as etapas de coagulação, floculação e sedimentação.

Considerando a aplicação em sistemas de filtração direta, a rotina apresentada a seguir é a sugerida por Di Bernardo et al. (1993), que considera a filtração como etapa final da separação sólido-líquido.

Antes da realização dos ensaios de jarros é fundamental que se proceda a uma caracterização da água bruta. Essa caracterização deve ser a mais completa

possível, incluindo características físicas, químicas e biológicas (microbiológica e hidrobiológica). (PROSAB, 2003). Equipamentos e materiais necessários:

- Aparelho de jarreste (reatores estáticos)
- Medidor de pH
- Turbidímetro nefelométrico
- Cronômetro
- Balança de precisão (preparo de soluções)
- Vidrarias diversas: balões volumétricos, béqueres, bastões de vidro, funis, pipetas, provetas, etc.
- Espectrofotômetro para determinação de características específicas de interesse (cor, cloro residual, clorofila-a, residual de coagulante, etc.)
- Outros: filtro de papel ou filtros de laboratórios de areia, pipetadores, lenço de papel, papel toalha, água destilada ou deionizada, padrões de calibração, etc.

2.15.12.1 Etapa preparatória

- Separar as vidrarias necessárias, procurando sempre utilizar os mesmos recipientes (bem como pipetas) para cada solução a ser empregada. Com isso objetiva-se a minimização de contaminação cruzada.
- Preparar as soluções pertinentes (coagulante, acidificante, alcalinizante, auxiliar de coagulação, etc.) com concentrações compatíveis com as dosagens a serem aplicadas.
- Verificar se os jarros estão limpos e os equipamentos a serem utilizados estão funcionando adequadamente e, quando for o caso, se estão devidamente calibrados.

2.15.12.2 Passos de execução do Jarreste

Passo 1: colocar porções da água bruta, previamente aquecidas ou resfriadas até a temperatura desejada, em cada um dos seis jarros, enchendo-os simultaneamente de modo a assegurar a homogeneidade da água contida em cada um dos jarros, até a obtenção do volume final recomendado pelo fabricante do equipamento, geralmente 2 litros. A fixação da temperatura é importante, pois

ensaios com a mesma água e temperaturas diferentes podem conduzir a resultados desiguais, uma vez que a temperatura influi significativamente na viscosidade da água e na constante da velocidade de reação das espécies de alumínio ou de ferro utilizadas como coagulante.

A temperatura crítica é a temperatura da água no mês mais frio.

Passo 2: colocar os volumes correspondentes às dosagens dos produtos nos recipientes apropriados do aparelho de jarteste (quando houver) ou em copos plásticos, pequenos béqueres ou tubos de ensaio.

Passo 3: colocar os recipientes de descarte e coleta de amostra de água coagulada ou floculada nas posições apropriadas do equipamento.

Passo 4: ligar o equipamento de agitação e acertar a rotação para 100 rpm.

Passo 5: adicionar, concomitantemente, o volume de solução de alcalinizante ou acidificante correspondente à dosagem preestabelecida do produto (que pode ser peróxido ou carvão ativado em pó, no caso de estudos específicos) nos jarros.

Passo 6: após o tempo de contato, acertar a rotação correspondente ao gradiente de velocidade médio de mistura rápida (Gmr) desejado.

Passo 7: adicionar aos jarros do aparelho, concomitantemente, o volume preestabelecido de coagulante contido nos recipientes de dosagem. Alguns equipamentos mais modernos já dispõem de recipientes específicos para o coagulante e para auxiliá-lo de coagulação, bem como sistema de adição simultânea. Em equipamentos mais antigos utilizam-se recipientes auxiliares (copos plásticos, pequenos béqueres ou tubos de ensaio) e a adição é manual.

Passo 8: quando for o caso, aplicar a quantidade prevista de auxiliar de coagulação contida nos recipientes apropriados (após a introdução do coagulante).

Passo 9: transcorrido o tempo de mistura rápida (Tmr), reduzir a rotação do equipamento para o valor correspondente ao gradiente de velocidade médio de

floculação (G_f) se a seqüência de tratamento em estudo envolve tal etapa (por exemplo, filtração direta descendente com pré-floculação). Caso contrário, desligar o sistema de agitação do aparelho e imediatamente continuar com o passo 11.

Passo 10: transcorrido o tempo de floculação (T_f), desligar o sistema de agitação do aparelho e imediatamente dar seqüência ao procedimento.

Passo 11: coletar as amostras de água coagulada ou floculada diretamente para o sistema de filtração em papel (geralmente utiliza-se filtro Whatman ® 40 ou equivalente) ou para o sistema de filtração em areia. Mais uma vez, vale comentar que nos aparelhos mais modernos os jarros já são dotados de dispositivo para coleta de amostra que permite a drenagem direta da água do jarro para o sistema de filtração. Os aparelhos mais antigos às vezes não dispõem dessa facilidade, nesse caso, recomenda-se a adaptação de sistema de sifonamento para viabilizar tal procedimento. Em qualquer caso, em poucos segundos antes do início de cada coleta, deve ser descartado pequeno volume de água, a fim de que a amostra não sofra interferência da água remanescente na mangueira de coleta.

Para obter resultados mais representativos, recomenda-se que, em lugar do filtro de papel, seja utilizado o chamado filtro de laboratório de areia (FLA). Esse filtro pode ser confeccionado em acrílico (preferencialmente) ou em PVC. O filtro consiste de uma seção de tubo de 30 a 40 cm de comprimento, com diâmetro interno de 19 mm. Na parte inferior do tubo é acoplado um cap de PVC dotado de uma tela e de dispositivo de saída (ver Figura 9). Para utilizar esse tipo de filtro, é necessário adaptar ao aparelho de jarreste um sistema de suporte e drenagem dos filtros, como mostrado na Figura 9.

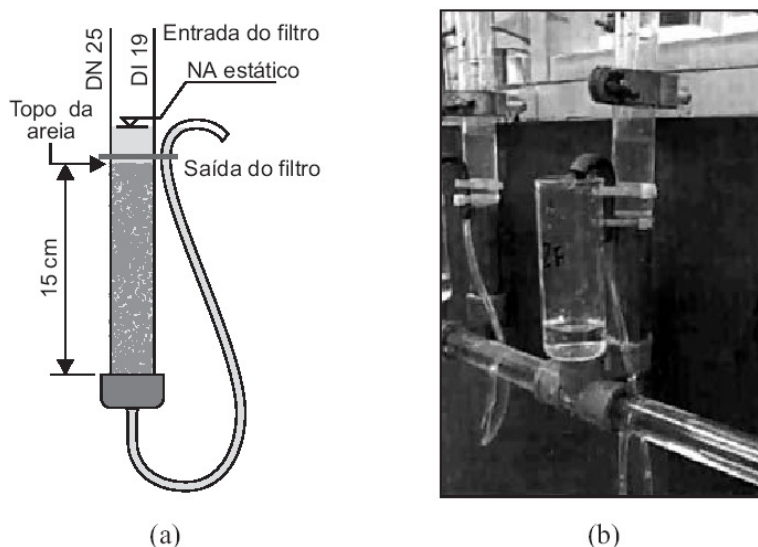


Figura 09: (a) Esquema do filtro de laboratório de areia e (b) foto do filtro acoplado ao sistema de drenagem.

FONTE: PROSAB, 2003.

2.15.12.3 Preparação dos FLAs na bancada

Antes de utilizar o FLA em uma rotina de realização de jarteste é preciso selecionar a areia a ser empregada nesses filtros. Di Bernardo et al. (2002) recomendam testar três granulometrias diferentes: (1) grãos entre 0,297 e 0,420 mm; (2) grãos entre 0,42 e 0,84 mm; e (3) grãos entre 0,59 e 1,41 mm.

Quando os testes de jarros são utilizados no desenvolvimento de estudos de tratabilidade, a seleção da areia depende da qualidade da água em estudo. Para águas brutas com valores de turbidez superiores a 50 UT, ou que contenham quantidades significativas de algas, a tendência será utilizar as granulometrias mais grossas.

No caso de o jarteste ser utilizado para acompanhamento operacional, a granulométrica da areia a ser selecionada será aquela que produzir água efluente do FLA com características mais próximas da água produzida no filtro em escala real, considerando as condições ótimas de dosagem. É importante destacar que a granulométrica da areia do FLA não necessariamente tem de ser similar à adotada no filtro em escala real, isso porque os mecanismos que atuam em cada situação são diferenciados em função da escala de tempo de operação dos filtros.

Passo 1: colocar a areia em um béquer e adicionar água destilada até que esta fique submersa. Com um bastão de vidro, inclinar o béquer e mexer

continuamente a areia para mantê-la em suspensão. Lembrar que a quantidade de areia deve ser tal que preencha os 15 cm do filtro reservados para o meio filtrante, considerando a porosidade desejada.

Passo 2: colocar a areia nos filtros utilizando um funil e adicionar simultaneamente água destilada. Em seguida, padronizar a compactação da areia para evitar formação de vazios ou bolsas de ar. Essa compactação deve ser feita segurando o filtro na parte superior e batendo levemente no fundo do filtro (cap) com um bastão. Verificar a espessura do meio filtrante e se a posição da saída de água filtrada está acima do topo do meio filtrante, para garantir que este fique sempre submerso. Essa verificação pode ser feita visualmente no caso de filtros de acrílico transparente ou com o auxílio de um “tubo calibrador” no caso de filtros de PVC.

Passo 3: fixar os filtros nas respectivas posições do suporte. As posições de saída da água dos jarros deverão estar no mesmo nível, assim como as posições de saída da água filtrada dos 6 filtros (1 para cada jarro), de modo a assegurar a alimentação dos diferentes filtros com a mesma vazão afluyente.

2.15.12.4 Diagramas de coagulação

A construção do diagrama de coagulação é importante para definir o tipo de coagulante a ser utilizado bem como as faixas de pH e as dosagens ótimas do coagulante a serem adotadas. Esse diagrama poderá ser utilizado tanto na etapa de projeto como durante a operação da ETA.

Os diagramas são construídos a partir da realização de vários testes de jarros. Os eixos x e y do diagrama são, respectivamente, os valores do pH de coagulação e a dosagem de coagulante. É comum representar a dosagem de coagulante em duas escalas, sendo uma escala logarítmica, com a dosagem de coagulante expressa em moles por litro do íon metálico, e a outra logarítmica ou linear, com a dosagem de coagulante expressa em miligramas por litro.

Cada ponto no diagrama representará o valor residual do parâmetro de qualidade selecionado (turbidez, cor, etc.), obtido a partir de uma dada combinação pH de coagulação–dosagem de coagulante aplicada. Ou seja, o valor residual para pares de pontos (x,y), em que x é o valor do pH de coagulação e y,

o valor da dosagem de coagulante aplicada em cada jarro dos vários ensaios realizados.

2.15.13 Remoção de Nutrientes pelo Processo de Coagulação/Floculação

A remoção de nitrogênio através do processo de coagulação/floculação é relacionada à remoção de material coloidal, sendo removidos neste caso principalmente nitratos, já que representam o conteúdo de proteínas e as mesmas podem ser consideradas parcialmente hidrofóbicas e parcialmente hidrofílicas (ligações de peptídeos, grupos aceno e carboxílicos) (EDWARDS e AMIRTHARAJAH, 1985).

AGUILAR et al.(2002), aplicando o processo de coagulação/floculação a um efluente frigorífico alcançaram taxas de remoção de nitratos de 85 a 88%, sendo que a remoção de nitrogênio amoniacal foi muito pequena (<10%) pois o processo em questão não o remove diretamente.

Estudos determinaram que a maior parte do fósforo despejado (50 a 80% estão contidos nos sólidos suspensos). Assim, um mecanismo que possa remover uma grande quantidade de sólidos suspensos também irá contribuir para redução do nível global de fósforo (EBLING et al., 2003).

Segundo AGUILAR et al.(2002), no processo de coagulação/floculação, a remoção de fósforo na água residuária pode ser devida a:

- Os fosfatos existentes estão incorporados aos sólidos suspensos e a redução desses sólidos durante o processo inclui a redução de fosfatos;
- A adsorção direta dos íons de fosfato nos produtos de hidrólise formados pelo íon metálico utilizado como coagulante;
- Remoção através da formação de fosfatos precipitados com os sais metálicos utilizados como coagulantes.

A remoção de fosfatos através da precipitação química é afetada por vários fatores: alcalinidade, conteúdo de matéria orgânica e presença de outros metais (METCALF e EDDY, 1995).

2.16 Flotação

A flotação pode ser definida como um processo de separação de partículas via adesão de bolhas. A união partícula-bolha apresenta uma densidade menor que a do meio aquoso e flutua (levita) até a superfície da célula de flotação de onde as partículas são removidas (FRANÇA, 2003).

Trata-se de um método de separação que abrange inúmeras aplicações no campo de beneficiamento mineral, e nos últimos anos tem sido de fundamental importância para o tratamento de efluentes e na reciclagem de materiais de valor econômico. A flotação apresenta simplicidade, flexibilidade e eficiência na sua operação requerem pouco espaço físico, gera um pequeno e concentrado volume de lama e pode ser utilizada em pequena, média e larga escala.

2.16.1 Aplicação do Processo de Flotação no Tratamento de Líquidos

Devido às rigorosas políticas ambientais, o tratamento de efluentes de indústrias químicas, de alimentos, de corantes e o tratamento de esgotos estão de tornando área de aplicação cada vez mais freqüente da flotação. ZOU BOLIS et al. (1992), estudaram a aplicação de várias técnicas de flotação, incluindo a flotação iônica, de precipitados e de colóides no tratamento de águas residuárias. Devido aos resultados positivos obtidos, estes pesquisadores apontam essas técnicas como sendo adequadas a essa área de atuação.

Conforme TESSELE et al. (2004), a flotação pode ser utilizada como uma operação unitária, como pré-tratamento, associados os outros tratamentos como adsorção, tratamento biológico, desinfecção, oxidação e como uma tecnologia para polimento final. A otimização das técnicas de flotação aplicadas ao tratamento de efluentes envolve o conhecimento dos fenômenos físico-químicos interfacial, bem como os mecanismos envolvidos na geração de bolhas e nas etapas de condicionamento e separação. Além desses fatores, a eficiência dos micro-processos envolvidos na flotação é influenciada pela forma e distribuição do tamanho de bolhas.

2.17 Considerações Gerais sobre o Processo de Flotação na Área Ambiental

A flotação na área ambiental tem como objetivo remover (separar) partículas sólidas ou líquidas (gotículas) presentes em:

- Dispersões sólido/líquido (suspensões)
- Emulsões líquido (gotículas óleo)/ líquido (água)

As principais diferenças entre a flotação convencional de minérios e a flotação aplicada ao tratamento de efluentes são as seguintes:

- Em tratamento de efluentes industriais onde partículas extremamente pequenas (coloidais) têm que ser flotadas, micro bolhas são requeridas (<100µm).
- Devido às espécies flotando serem usualmente colóides mais agregados que dispersos, altas taxas de aeração devem ser evitadas para prevenir a destruição de agregados frágeis.

2.18 Princípios Básicos

A flotação depende muito das características superficiais/interfaciais do sistema partículas e bolhas. Portanto, reagentes hidrofobizantes, coagulantes, floculantes e modificadores de carga desempenham importante papel na otimização de vários micro processos envolvidos. A flotação de partículas em suspensão é, portanto o fenômeno cinético composto por diversas etapas (ou micro-fenômenos). A seguir descreve-se um modelo probabilístico, micro cinético desta tecnologia representado pela equação 4 (RUBIO et al.2002, YOON, 1999).

$$P_f = P_c \cdot P_a \cdot P_p \cdot P_r \quad (4)$$

Onde:

P_f = probabilidade de flotação

P_c = Probabilidade de colisão

P_a = Probabilidade de adesão

P_p = probabilidade de permanência (resistência)

P_r = probabilidade de remoção ou coleta (do produto flotado)

2.18.1 Probabilidade de Colisão

Basicamente controlada pela hidrodinâmica do sistema. Não existe uma teoria quantitativa que inclui ao mesmo tempo a influência da concentração de sólidos, distribuição de tamanho de bolhas e partículas sob condições de regime laminar ou turbulento.

Experimentalmente tem sido possível medir esta “probabilidade” através de E_c “eficiência de colisão”. Este parâmetro é igual a razão entre a massa de partículas disponíveis para a colisão localizadas acima da bolha e dentro de uma coluna com um raio “crítico” r_c (em relação ao centro da bolha) e a massa de partículas que realmente colidiram. Define a capacidade de uma bolha de “capturar” (coletar) partículas dentro de r_c .

A probabilidade de colisão é, portanto, função do movimento relativo de partículas e bolhas, controlado pelos seguintes fatores:

1. F_d : força de cisalhamento produzido pelo movimento relativo entre o líquido e as partículas.

2. g : força de atração gravitacional com maior importância para partículas densas, de tamanho intermediário e partículas gasosas.

3. A inércia e/ou momentum das partículas (partículas grossas).

4. A difusão ou movimento browniano (partículas ultrafinas)

2.18.2 Probabilidade de Adesão

O processo de adesão envolve as seguintes etapas:

1. Indução, tempo que leva após a colisão, para se localizar ao ponto onde ocorre a adesão propriamente dita. O tempo de indução é da ordem de milissegundos e depende do ângulo de contato das forças interfaciais e da energia de colisão e inclui o adelgaçamento inicial do filme ou película líquida.

2. Ruptura do filme ou película líquida. T_r = tempo de ruptura, que é da ordem de microssegundos e depende basicamente do ângulo de contato.

3. Deslocamento do filme até o ponto de equilíbrio (restauração do equilíbrio) / (ou tempo de expansão da linha trifásica). O tempo t_d de deslocamento do filme é da ordem de milissegundos e depende do ϕ (ângulo de contato), do tipo de tenso ativo e da rugosidade das partículas.

A “captura”, portanto, aumenta com a diminuição do tamanho das bolhas e com o aumento do tamanho das partículas, depende do fluxo da área superficial de bolhas disponível, de parâmetros hidrodinâmicos (peso no campo gravitacional, pressão hidrostática e capilaridade, tensão, compressão e forças de cisalhamento), fatores termodinâmicos associados à interação hidrofóbica entre bolhas e partículas e de fatores cinéticos como a energia mínima de colisão para destruir a camada líquida de água que antecede a adesão. A representação do fenômeno de captura das partículas pode ser observada na figura 10.

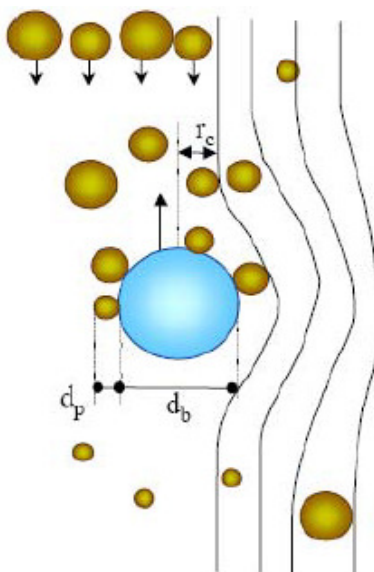


Figura 10: Fenômeno de captura (colisão mais adesão) de partículas de diâmetro d_p por bolhas de diâmetro d_b dentro de um raio crítico r_c .
 FONTE: RUBIO e MATIOLO, 2003.

2.18.3 Probabilidade de Permanência ou Resistência na Levitação

Este fator inclui os subprocessos que se seguem à captura, ou seja, os de ascensão das unidades bolhas-partículas e sua recuperação como lodo ou produto flotado. Dois são os principais fatores nesta etapa: um fator relacionado com a resistência ao cisalhamento na ascensão entre as próprias partículas, e

outro com o fenômeno de ruptura via colapso das unidades bolhas-partículas. Nesta capacidade de transferência influem o tamanho dos flocos ou coágulos formados (quanto maior, menor é a probabilidade de permanecer no produto flotado), a concentração de sólidos, viscosidade densidade da polpa, a altura da camada flotada, a turbulência, fricção, velocidade de ascensão das bolhas e o tipo de célula, convencional ou coluna.

2.18.4 Probabilidade de Remoção ou Coleta

Esse fator é controlado por fatores termodinâmicos (hidrofobicidade ou ângulo de contato), pelos diâmetros das partículas e bolhas, pelo arraste dos sistemas de coleta (raspadores) do material flotado e por parâmetros físicos, como a viscosidade-rigidez (teor de sólidos) do produto flotado.

2.18.5 Influência da Vazão de Ar no Processo de Flotação

Na flotação, a vazão de ar adequada é necessária para haver uma maior eficiência do processo. Uma interação eficaz entre as bolhas de ar e as partículas coaguladas induz a incorporação de ar dentro dos flocos pré-formados, de forma que esses aglomerados de flocos “inflados” possuem uma menor densidade, principal fator pelo qual esses tendem à flotação, enquanto que os flocos “compactos” que são formados quando a interação dos flocos e das bolhas de ar é insuficiente, ao se estabilizarem, tendem à sedimentação por serem mais densos que a água.

GORIAN et al. (1997), investigaram vários indicadores das condições hidrodinâmica da célula de flotação sendo que aquele que resultou numa melhor correlação com a taxa de flotação foi a velocidade superficial do gás, pois ela representa não apenas a porção volumétrica de ar na célula, mas é a medida na qual o gás passa através dela. O aumento na velocidade superficial do gás gera como consequência uma elevação na taxa de flotação.

GORIAN et al. (1997), em estudos conduzidos em uma coluna de flotação em escala laboratorial avaliaram a influência da vazão de gás e constataram que o tamanho das bolhas diminui com o aumento da velocidade superficial do gás.

2.19 Descrição das técnicas laboratoriais solicitadas pelo RIISPOA:

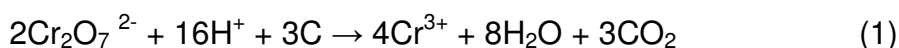
2.19.1 Determinação da Matéria Orgânica

A avaliação quantitativa da matéria orgânica em amostras ambientais remonta desde os primeiros trabalhos de química de solos com objetivos de estimar a fertilidade química. São os métodos analíticos titrimétricos de oxirredução, envolvendo um agente oxidante enérgico (como o dicromato de potássio em meio sulfúrico) atuando sobre a matéria orgânica (agente redutor, sob análise), em presença de um indicador adequado (WALKLEY & BLACK, 1934).

A determinação da matéria orgânica tem sido realizada por diferentes procedimentos em química de solos, sedimentologia, oceanografia, limnologia, geoquímica (SPOSITO, 1989; STRICKLAND & PARSONS, 1972; FROELICH, 1980, entre outros).

A determinação da matéria orgânica por ataque químico com o dicromato de potássio em meio sulfúrico é o conhecido método titrimétrico de Walkley-Black, descrito comumente nos textos de química de solos (GUIMARÃES et al., 1970).

A equação química representativa do método



Permite definir o equivalente-grama para o carbono nessa reação de oxirredução:

$$\frac{2\text{Cr}_2\text{O}_7^{2-}}{12} \equiv \frac{3\text{C}}{12}$$

Ou seja, cada ml de solução de dicromato N equivale a 3 mg de C oxidado presente na amostra (GUIMARÃES et al., 1970).

Trata-se, portanto, de uma avaliação quantitativa baseada na ocorrência de certa quantidade de matéria orgânica presente na amostra. Por essa razão, o que se determina é o parâmetro denominado por “carbono orgânico”, que é o constituinte maior (em geral, considerado 58%) da matéria orgânica.

Uma variante adaptada a partir desse método é o procedimento descrito por GAUDETTE et al. (1974), aplicável a sedimentos recentes.

Outra variante (descrita por STRICKLAND & PARSONS, 1972), também envolvendo a oxidação de matéria orgânica pelo dicromato em meio sulfúrico, é aplicável a amostras de águas e de sedimentos associados a ambientes marinho ou estuarino. Nesse procedimento, é necessária a eliminação da influência do ânion Cl^- , que domina nesses ambientes. Também se procede a uma titulação em branco, usando glicose como matéria orgânica a ser oxidada pelo reagente analítico.

Os procedimentos, que realizam aquecimento de amostras de sedimentos em certo intervalo de temperaturas diferentes, baseiam-se na perda de matéria orgânica obtida por diferença de peso em balança analítica (GROSS, 1971; SUGUIO, 1973).

Certos procedimentos sob aquecimento levam em conta a ocorrência de carbonatos na amostra, o que demanda correção nas estimativas sobre as perdas de massa, considerando a decomposição dos mesmos com liberação de CO_2 (LEONG & TANNER, 1999; SUGUIO, 1973).

Os procedimentos, que utilizam aquecimento para determinar as perdas de peso, trabalham com diferentes temperaturas, da ordem de 375 °C, 440 °C, 450 °C, 500 °C, 550 °C ou 600 °C, por exemplo, (LEONG & TANNER, 1999). O trabalho de Leong & Tanner (1999) cita que os espectros no infravermelho de amostras de sedimentos marinhos, sob aquecimento a diferentes temperaturas, mostram apreciável perda de íons hidroxila e água de constituição a 440 °C. Deste modo, as perdas por aquecimento a 550 °C e 600 °C incluem perdas de água de constituição atribuídas os compostos de carbono, acrescentando erros ao método analítico.

Os procedimentos de determinação da matéria orgânica nitrogenada se baseiam na oxidação da mesma segundo o método de Kjeldahl, levando à formação de sulfato de amônio, que permanece em solução. Posteriormente, procede-se tratamento com álcali, que libera amônia, sendo esta conduzida, sob

arraste, da solução aquosa em ebulição, para um frasco coletor adequado visando posterior titulação (VOGEL, 1960; STRICKLAND & PARSONS, 1972).

Em águas naturais e residuárias, as determinações para o oxigênio consumido (OC) e demanda química de oxigênio (DQO) são bastante empregadas na estimativa da matéria orgânica oxidada por determinado reagente analítico (APHA, 1995; CUSTODIO & LLAMAS, 1976).

2.19.2 Sólidos em Suspensão Totais

Os sólidos podem ser suspensos, coloidais ou dissolvidos. As partículas de maior dimensão, retidas num papel de filtro de tamanho especificado, correspondem aos resíduos não filtráveis, também usualmente denominados Sólidos em Suspensão Totais (SST). De acordo com VON SPERLING (1996), tais partículas têm diâmetro superior a 100 μ m.

Para determinação da concentração de SST em uma amostra, o papel de fibra de vidro é lavado com três volumes sucessivos de 20 ml de água destilada e secada em mufla a 550°C por 30 minutos. A amostra devidamente homogeneizada é filtrada a vácuo, no papel de fibra de vidro previamente preparado. O volume de amostra a ser filtrada pode variar de 30 a 250 ml em função das características da amostra.

A metodologia preconizada pelo Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater para a análise de SST, indica que após a filtração da amostra o papel de fibra de vidro, contendo os resíduos não filtráveis, ser submetido à secagem em estufa a 105°C, por 12 horas ou até adquirir peso constante.

2.19.3 Turbidez

A turbidez das águas é devida à presença de partículas em estado coloidal, em suspensão, de natureza orgânica ou inorgânica e outros organismos microscópicos. Ela representa o grau de interferência da passagem da luz através da amostra de água.

O método Nefelométrico é baseado na comparação da intensidade da luz espalhada pela amostra em condições definidas, com a intensidade da luz

espalhada por uma suspensão de padrão referência. Quanto maior a intensidade da luz espalhada, maior será a turbidez da amostra. No caso, a leitura é feita em turbidímetro, que consta de um nefelômetro e é expressa em unidades nefelométricas de turbidez (NTU). O turbidímetro é um aparelho portátil, sendo também utilizado para medições no campo. A Turbidez máxima a ser medida por este método é de 40 NTU.

2.19.4 Análises Microbiológicas

A água de consumo humano representa importante veículo de enfermidades diarréicas de natureza infecciosa, seja diretamente pelo seu consumo ou indiretamente, através da contaminação de alimentos durante o processamento (ISAAC-MARQUEZ 1994). As doenças de veiculação hídrica são causadas principalmente por microrganismos patogênicos de origem entérica (animal ou humana), transmitidos basicamente pela rota fecal-oral (GRABOW W., 1996). Segundo a Organização Mundial de Saúde, centenas de milhares de pessoas no mundo sofrem de Doenças Transmitidas por Alimentos (DTAs) ou pelo consumo de água contaminada. Dados da OMS indicam que, a principal causa de mortalidade infantil em países subdesenvolvidos é a diarreia de origem alimentar e/ou hídrica, associada, na maioria dos casos, à desnutrição (WORLD HEALTH ORGANIZATION, 2007).

O monitoramento das condições sanitárias da água para consumo é realizado através de análises do grupo coliforme, que atuam principalmente como indicadores da ocorrência de contaminação fecal, pois são freqüentes na flora intestinal do homem e de animais de sangue quente. O Standart Methods for the Examination of Water and Wastewater, define o grupo coliforme como: “todas as bactérias aeróbias ou anaeróbias facultativas, gram-negativas, não formadoras de esporos e na forma de bastonetes”, as quais fermentam a lactose com produção de gás entre 24-48 horas a 35°C. (PELCZAR, 1996).

O grupo dos coliformes totais inclui espécies de origem não exclusivamente fecal, podendo ocorrer naturalmente no solo, na água e em plantas (WORLD HEALTH ORGANIZATION. 2007).

Os ensaios presuntivos qualitativos utilizando-se caldo PA (presença/ausência), sendo completados com ensaios confirmativos em caldo verde brilhante bile 2% para coliformes totais e meio Escherichia coli (EC) para detecção de coliformes termotolerantes (WORLD HEALTH ORGANIZATION, 2007). Foram consideradas positivas as amostras que apresentaram turvação no meio e formação de gás no interior dos tubos de Durhan, durante o período de 24-48 horas a $35,0 \pm 0,5$ °C e $44,5 \pm 0,2$ °C para coliformes totais e coliformes termotolerantes, respectivamente.

2.19.4.1 Coliformes como indicador de qualidade da água e de alimentos

Os microrganismos indicadores são comumente utilizados para avaliar as condições higiênicas de alimentos; sua presença evidencia relação com o histórico da amostra. As contagens de coliformes são muito utilizadas nas análises de alimentos tratados termicamente. Nesse contexto, a presença de bactérias gram-negativas, por exemplo, é um indicativo de tratamentos térmicos inadequados ou de uma provável contaminação posterior. Um microrganismo indicador deve apresentar as seguintes características: i) ser de fácil e rápida detecção na amostra; ii) ser facilmente diferenciado de outros membros da microbiota presente; iii) ser detectado na presença de patógenos e não detectado na ausência dos mesmos, com exceção de números mínimos; iv) possuir características e taxas de crescimento equivalentes às do patógeno. (LIMA; SOUSA, 2002)

Os microrganismos indicadores de contaminação higiênico-sanitária são geralmente usados para: i) monitorar; ii) detectar mudanças de qualidade; iii) classificar; iv) restringir o uso de águas ou alimentos. Os maiores riscos à saúde estão associados ao consumo de água e/ou de alimentos contaminados por agentes patogênicos. O principal objetivo da utilização de bactérias como indicador da falta de medidas sanitárias é revelar defeitos no tratamento e/ou na manipulação, que levam consigo um perigo potencial, mesmo não estando necessariamente na amostra particular examinada, mas que pode ser provavelmente encontrado em amostras paralelas. (APHA, 1998)

O grupo dos coliformes constitui o indicador de contaminação fecal mais freqüentemente utilizado, sendo empregado, há mais de cem anos, como

parâmetro bacteriano, na definição de padrões para a caracterização e avaliação da qualidade de águas e alimentos. Esse grupo inclui bactérias de origem unicamente fecal e bactérias que, além de habitarem o trato intestinal de animais de sangue quente, habitam também outros ambientes, como vegetais e solo. (HAGLER, 1988; LANDGRAF, 1996). A importância da utilização desse parâmetro microbiológico é a possibilidade da avaliação higiênico-sanitária de água e alimentos.

Laboratorialmente, o grupo dos coliformes é dividido em coliformes totais e fecais ou termo tolerantes. A presença de coliformes totais em água e alimentos, em alguns casos, pode não ser indicativa de contaminação fecal, porque participam desse grupo bactérias cuja origem direta não é exclusivamente entérica. Esse fato decorre da capacidade de colonização ambiental desses microrganismos, em especial, do solo.

Sendo assim, a presença de coliformes totais nesses materiais pode, também, estar relacionada a práticas inadequadas de sanitização e processamento desses produtos, ou mesmo à sua recontaminação, após esses procedimentos. Essa desvantagem não seria apresentada pelos coliformes fecais, devido à sua baixa capacidade de colonização ambiental, sendo sua presença em alimentos de grande importância sanitária, pois seria indicativa da possibilidade de contaminação fecal. (LANDGRAF, 1996)

O fornecimento de um alimento seguro ao consumidor envolve o conhecimento e uso de manipulação adequada, seguindo os princípios de Boas Práticas de Fabricação (BPF). As BPFs englobam os princípios e procedimentos fundamentais necessários à produção de alimentos com qualidade desejável. É importante se utilizarem práticas de higiene, em que medidas sanitárias devem ser seguidas e mantidas pelos estabelecimentos, as quais devem ser sempre aplicadas e registradas, sendo pré-requisitos para outros sistemas, em especial, a análise de perigos e pontos críticos de controle, o APPCC. (LEVINGER, 2005)

2.19.4.2 Técnica de fermentação em tubos múltiplos

Através dessa técnica é possível obter informações sobre a população presuntiva de coliformes totais (teste presuntivo) e sobre a população real de coliformes totais (teste confirmatório).

O procedimento descrito a seguir é a metodologia do STANDARD METHODS FOR THE EXAMINATION OF WATER AND WASTEWATER, recomendado para análise de água destinada ao consumo alimentar, para verificação da conformidade com padrões legais de potabilidade.

Preparação das amostras e diluições seriadas:

- Diluente: 225ml de água fosfatada.
- Devem ser mantidas sob refrigeração e analisadas dentro de no máximo 3 horas após a coleta, não devendo ser congeladas, podendo ser transportadas e estocadas à temperatura ambiente se mantidas na sua embalagem original, fechada e intacta. Uma vez aberta a embalagem, estas amostras devem ser resfriadas e analisadas, no máximo, em 24 horas.
- Misturar bem o conteúdo da amostra, invertendo o frasco 25 vezes, em arco de 30 cm.
- Retirar assepticamente uma porção de 25 ml da amostra e adicionar 225 ml do diluente (água fosfatada). Homogeneizar por alguns minutos em velocidade reduzida, para não danificar as células microbianas que possam existir.

Esta diluição corresponde a uma proporcionalidade de 1:10, ou seja, 10 mL do homogeneizado contém 1 mL da amostra. A partir da diluição inicial, a diluição 1:100 é feita retirando-se 1mL da diluição inicial para 9 mL do diluente ou 11mL para 99 mL, observando-se sempre o uso do mesmo diluente e proceder desta maneira até a quantidade de diluições necessárias.

2.19.4.3 Teste presuntivo:

O teste presuntivo visa detectar a presença de microorganismos fermentadores da lactose, especialmente os do grupo coliforme. Células estressadas por tratamento térmico, pelo congelamento ou outro motivo, podem ser recuperadas nesta fase.

- Inoculação: limpar a área externa do frasco com etanol 70%, abrir assepticamente e transferir 10 porções de 10 ml da amostra para tubos com 10 ml de caldo Lauril Sulfato Triptose (LST), em concentração dupla. Opcionalmente pode-se trabalhar com 5 porções de 10 ml da amostra.

- Incubação: incubar os tubos de LST a 35°C por 24 horas e observar se há crescimento com produção de gás. Em caso positivo (crescimento e produção de gás), passar aos itens subseqüentes. Em caso negativo, reincubar até completar 48 horas e repetir a leitura, passando aos itens subseqüentes com todos os tubos de LST que positivarem em 48 horas.

2.19.4.4 Teste Confirmatório:

- Inoculação: Tomar todos os tubos de LST com produção de gás e transferir uma alçada bem carregada de cada cultura para tubos de caldo verde brilhante bile (VB).

- Incubação: incubar a 35°C por 24 a 48 horas e observar se há crescimento com produção de gás. Anotar o número de tubos de verde brilhante com gás, confirmativo da presença de coliformes fecais e determinar o NMP/ml em uma tabela de NMP apropriada às diluições inoculadas.

Identificação de Coliformes Fecais:

- Inoculação: Tomar todos os tubos de LST com produção de gás e transferir uma alçada bem carregada de cada cultura para tubos com Caldo EC previamente identificado.

- Incubação: incubar em banho-maria a 44,5°C + 0,1 por 24 horas e considerar positivos os tubos com produção de gás no tubo de Durham e determinar o NMP/mL em uma tabela de NMP apropriada às diluições inoculadas.

2.19.5 NÚMERO MAIS PROVÁVEL DE COLIFORMES TOTAIS E COLIFORMES TERMOTOLERANTES EM ÁGUA E GELO

Estabelecer procedimento para determinação do Número Mais Provável de coliformes totais e coliformes termotolerantes em amostras de água e gelo. Aplica-se a amostras de água e de gelo usados em estabelecimentos produtores de alimentos. (APHA, 1998)

2.1 Prova presuntiva: Baseia-se na inoculação da amostra em caldo lauril sulfato de sódio, em que a presença de coliformes é evidenciada pela formação de gás nos tubos de Durhan, produzido pela fermentação da lactose contida no meio. O caldo lauril sulfato de sódio apresenta, em sua composição, uma mistura de fosfatos que lhe confere um poder tamponante, impedindo a sua acidificação. A seletividade do meio se deve à presença do lauril sulfato de sódio, um agente surfactante aniônico que atua na membrana citoplasmática de microrganismos Gram positivos, inibindo o seu crescimento. (APHA, 1998)

2.2 Prova confirmativa para coliformes totais: confirmação da presença de coliformes totais é feita por meio da inoculação dos tubos positivos para a fermentação de lactose, na prova presuntiva, em caldo verde brilhante bile 2% lactose, e posterior incubação a $36 \pm 1^\circ\text{C}$. A presença de gás nos tubos de Durhan do caldo verde brilhante evidencia a fermentação da lactose presente no meio. O caldo verde brilhante bile 2% lactose apresenta em sua composição bile bovina e um corante derivado do trifenilmetano (verde brilhante), responsáveis pela inibição dos microrganismos Gram positivos. (APHA, 1998)

2.3 Prova confirmativa para coliformes termotolerantes: A confirmação da presença de coliformes termotolerantes é feita por meio da inoculação em caldo EC, com incubação em temperatura seletiva de $45 \pm 0,2^\circ\text{C}$ a partir dos tubos positivos obtidos na prova presuntiva. A presença de gás nos tubos de Durhan evidencia a fermentação da lactose presente no meio. O caldo EC apresenta em sua composição uma mistura de fosfatos que lhe confere um poder tamponante, impedindo a sua acidificação. A seletividade do meio se deve à presença de sais biliares, responsáveis pela inibição dos microrganismos Gram positivos. (APHA, 1998)

A partir da combinação de números correspondentes aos tubos que apresentaram resultado positivo em cada um dos testes confirmativos (coliformes totais e coliformes termotolerantes), verifiquem o Número Mais Provável de acordo com o Anexo: "Procedimentos básicos de contagem". Certificar-se que a tabela de NMP usada é a indicada para o caso específico. Expressar o valor obtido em NMP/100 mL. (APHA, 1998)

CAPÍTULO 3

3.1 MATERIAIS E MÉTODOS

A parte experimental o “Teste de Jarros” dessa pesquisa foi realizada no Laboratório da INTECH Biotecnologia e Meio Ambiente do Departamento de Projetos, onde foram conduzidos os ensaios de coagulação/floculação e determinadas a maioria dos parâmetros necessários para se avaliar a eficiência do tratamento.

3.1.1 Materiais

Os seguintes equipamentos foram empregados no teste de jarros:

3.1.1.1 Aparelho pHmetro para medição do potencial hidrogeniônico (pH)

A determinação do pH deu-se através da leitura instrumental de um pHmetro digital Fabricante DENVER INSTRUMENT, modelo UP25, com eletrodo de vidro. Após a calibração com soluções tampões de pH 4,0 e 7, 0, em um béquer com aproximadamente 50 ml da amostra, o eletrodo de vidro foi imerso, fornecendo diretamente o resultado através do mostrador digital.

3.1.1.2 Turbidímetro

O aparelho utilizado para os ensaios de medida de turbidez foi o Turbidímetro Fabricante Solar Instrumentos Ltda. modelo SL 2K. A amostra agitada para dispersão dos sólidos era inserida num tubo de vidro até a marca indicada.

Esse foi então introduzido em local apropriado do aparelho. A leitura da turbidez deu-se de forma direta, sendo expressa em NTU (Unidade Nefelométrica de Turbidez).

3.1.1.3 Agentes Coagulantes, Neutralizantes e Floculantes Utilizados.

Os ensaios de coagulação/floculação foram realizados com a utilização de 4 coagulantes, sendo eles:

Tabela 18: Principais características dos reagentes utilizados.

Produto	Denominação	Concentração da solução
Coagulante;	PAC (policloreto de Alumínio)	10%
Coagulante;	Sulfato de Alumínio	10%
Coagulante;	Tanfloc SG	10%
Coagulante;	Poliamina C592	5%.
Polímeros Catiônicos	8660	0,2%
Polímeros Catiônicos	C 496	0,2%
Polímeros Aniônicos	A 130	0,2%
Polímeros Aniônicos	Magnafloc LT 27	0,2%
Neutralizante	Soda Cáustica	50%

3.1.1.4 Câmara de Luz Ultravioleta

É constituída de uma unidade com dimensões aproximadas de 43 x27 cm. O equipamento, Câmara de Luz Ultra-Violeta - Ozônio utilizado para o ensaio está mostrado na figura 11. Na câmara composta de UV é considerada uma concentração de densidade de UV 100 vezes maior que a existente na Terra.



Figura 11: Câmara de Luz Ultra-Violeta

Para o ensaio germicida foi empregada a referida câmara na qual o líquido era levado ao interior do equipamento em béquer de 500 ml o qual era diretamente exposto, pelas lâmpadas ultravioletas (três lâmpadas Fluorescente UV Germicida da Marca Light Express com 15 W (T8 – GL) que convertem a maior parte da energia consumida em UV Germicida de 253.7 nm).

3.1.2 Descrição global de toda a metodologia

Dentro das limitações financeiras e técnicas se efetuou em um primeiro estudo a caracterização horária da água descartada do Chiller e com posse das curvas de caracterização se determinou o ponto de saturação da água em termos de carga orgânica e a partir deste ponto, poder-se-ia efetuar a coleta para desenvolvimento do estudo de teste de Jarros. Desta forma se possibilita monitorar o ponto (hora decorrida de processo) onde ocorre a saturação do sistema e o efluente apresenta as características de forma a obter as características para desenvolvimento de um projeto com valores de conforto operacional.

3.1.2.1 Método de Coleta do Efluente

O efluente bruto foi coletado através da técnica de amostra simples. O ponto de amostragem utilizado para todas as coletas estava localizado na canoleta de descarte de efluentes do segundo Chiller (chiller após o pré chiller) de resfriamento de frango do abatedouro de aves localizado no município de São José/SC Endereço: Rodovia SC 407 km 06 Bairro: Santana.

Para o ensaio de teste de jarros a amostra foi coletado no mesmo ponto da indústria onde se operou a caracterização. Após coletado o efluente era armazenado em recipientes de polietileno com capacidade volumétrica de 20 litros, sendo imediatamente encaminhado para o Laboratório da INTECH Engenharia e Meio Ambiente com suas características físico-químicas e biológicas praticamente inalteradas.

O horário da coleta foi definido a partir da caracterização química do efluente produzido pelo processo na data de 28/12/2007. Nesta data com a curva típica de caracterização e com a definição do ponto de saturação do efluente no

interior do chiller se definiu o horário de coleta para a segunda data de coleta onde efetivamente se concebeu a mesma condição obtida na caracterização.

3.1.2.2 Metodologia Laboratorial aplicada.

As análises químicas foram efetuadas pela QMC Saneamento Laboratório de Análises para as coletas de caracterização do efluente na data de 28/11/07. As técnicas de coleta, preservação e análises das águas seguem a metodologia do STANDARD METHODS FOR THE EXAMINATION OF WATER AND WASTEWATER (APHA-AWWA-WPCF) edição n. 20. As análises seguiram os seguintes itens da norma:

Tabela 19: Metodologias laboratoriais empregadas para as análises requisitadas pelo RIISPOA artigo 62.

Análises	Referência número conforme APHA	Unidades
pH	4500-H electrometric method, página 4-65	
turbidez	2130-B nephelometric method (página 2-9)	UT
Sólidos suspensos totais	2540-D total suspended solids dried at 103-105oC página 2-56	mg / l
Óleos e graxas	5520-B partition-gravimetric method , página 5-31	mg/litro
Sólidos totais	2540 Solids, página 2-54	Ppm
Nitrogênio amoniacal	4500 NH3 F	g / litro
Nitrogênio nítrico	4500 NH2 B Espectofotometria de luz visível,	g / litro
Matéria orgânica		g / litro
Grau de dureza	2340 C SOP 111	
Chumbo	3111 B	ppm
cobre	3111-B	ppm
Zinco,	3111-B	ppm
Cloro livre	4500-CI DPD Colorimetric Method, página 4-63	ppm
Cloro residual	4500-CI DPD Colorimetric Method, página 4-63	ppm
arsênio	3114 B	ppm
fluoretos	3114 C	ppm
selênio	3111 B	ppm
magnésio	3111 B	ppm
sulfatos	4500-SO ₄ . C	g / litro;
Componentes fenólicos	5530. D	ppm
Contagem global	9215 heterotróficas Plate Count, páginas 9-34	

	(Contagem Microorg. Mesófilos (Heterotróficas))	
Teste presuntivo para pesquisa de coliformes	9221-A multiple - tube fermentation technique for members of the coliform group Páginas 9-47,	

Fonte STANDARD METHODS FOR THE EXAMINATION OF WATER AND WASTEWATER

3.1.2.3 Procedimentos para Execução dos Ensaios de Coagulação-Floculação

Os ensaios de coagulação-floculação foram realizados em teste de jarros (Jar Test). Adicionaram-se a cada um dos jarros, quantidades pré-determinadas de coagulante. Depois foi provida a agitação suficiente para propiciar a mistura rápida, em seguida adicionou-se certa quantidade do auxiliar do floculante com agitação menos intensa no sentido de consolidar a floculação.

Após esse procedimento verificou-se a ocorrência de clarificação do efluente e qual o melhor rendimento em termos de redução de cor e turbidez. Nos casos onde não se verificou a coagulação-floculação satisfatória, procurou-se observar se a dosagem de coagulante-floculante estava compatível com as condições físico-químicas do efluente bruto. Procedeu-se as correções necessárias e depois se repetiu o ensaio, em alguns casos por várias vezes, observando a dosagem do coagulante e floculante, até encontrar as condições em que se consolidou a clarificação satisfatória do efluente.

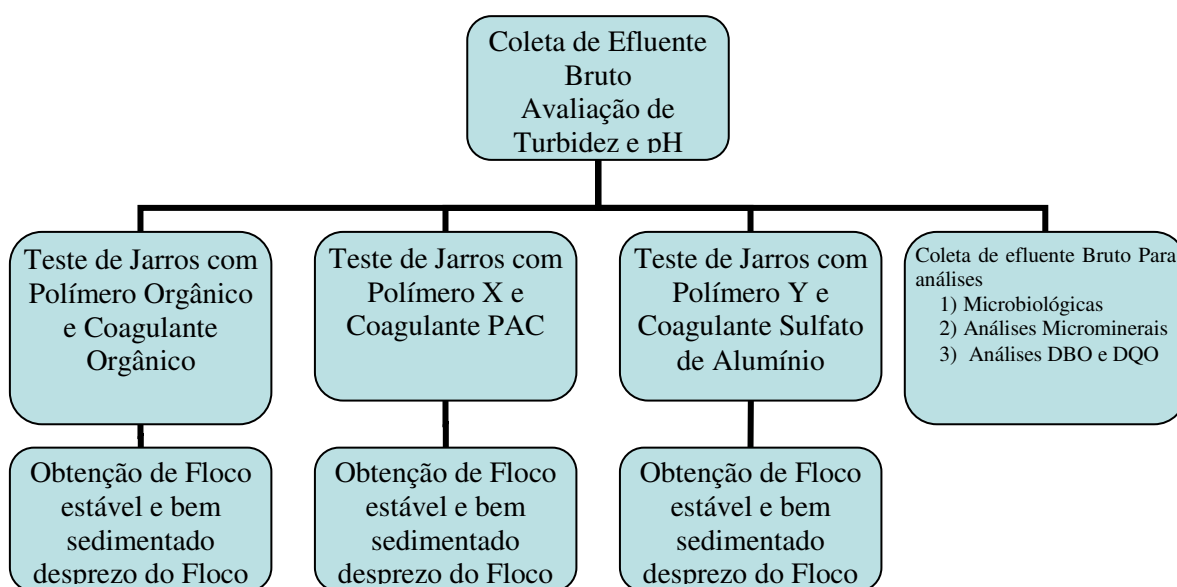


Figura 12: Apresenta o fluxograma de trabalho para Teste de Jarros

A dosagem de coagulante-floculante que proporcionou a melhor clarificação foi considerada a dosagem ideal. Esta avaliação será obtida pela avaliação do critério da turbidez. Durante a dosagem do coagulante na dosagem adequada foi avaliado o pH em dois momentos:

- 1) pH com somente a dosagem de coagulante;
- 2) pH após a dosagem de polímero;

Após a obtenção de três alternativas de formação de flocos estáveis no ensaio de jarros se encaminhou as mesmas para o laboratório de análises para avaliação do rendimento na redução de carga. Sempre descartando o sobrenadante flotado e o flocos sedimentado. Os seguintes itens de análises foram efetuados:

Tabela 20: Análises e parâmetros químicos a serem avaliados no Teste de jarros conforme RIISPOA.

Análises	Parâmetro de leitura e restrição de acordo com RIISPOA artigo 62	Unidades
Sólidos totais	menor que 500	ppm
Nitrogênio amoniacal	máximo 0,005	g / litro
Nitrogênio nítrico	máximo 0,002	g / litro
Matéria orgânica	máximo 0,002	g / litro
Grau de dureza	inferior a 20	
Chumbo	menos de 0,1	ppm
Cobre	menos de 3	ppm
zinco,	menos de 15	ppm
cloro livre	máximo de 1	ppm
cloro residual	mínimo de 0,05	ppm
Arsênio	menos de 0,05	ppm
Fluoretos	máximo de 1	ppm
Selênio	máximo de 0,05	ppm
Magnésio	máximo de 0,03	ppm
Sulfatos	no máximo 0,010	g / litro;
Componentes fenólicos	no máximo 0,001	ppm

Fonte: RIISPOA art 62.

Através das análises de turbidez se define o material com melhor transparência e foram realizadas 3 exposições contínuas para a lâmpada Ultravioleta. Exposições de:

- 30 segundos
- 1 minuto
- 3 minutos

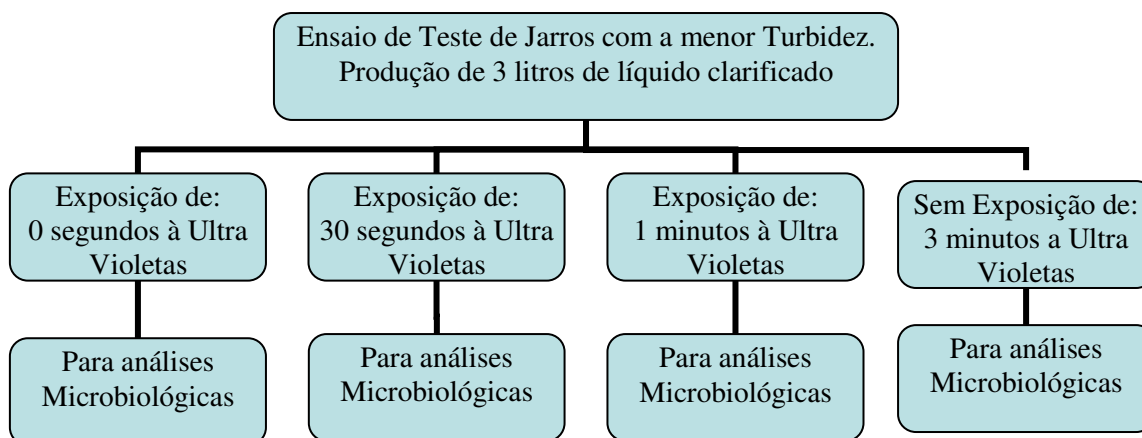


Figura 13: Apresenta o fluxograma de trabalho para Teste de Jarros final com emprego das lâmpadas Ultravioletas (efeito germicida)

Após estas exposições foram encaminhadas as mesmas de forma condicionada para evitar contaminação microbiológica e assim foram operadas as análises microbiológicas de forma a comprovar o efeito germicida. As seguintes análises:

Tabela 21: Análises microbiológicas e parâmetros de acordo com RIISPOA, avaliados no Teste de jarros.

Análises	Parâmetro de leitura e restrição de acordo com RIISPOA artigo 62	Unidades
Contagem global	500	UFC /ml
Teste presuntivo para pesquisa de coliformes	maior número de germes do que os fixados pelos padrões	para 5 tubos positivos na série de 10 ml e 5 tubos negativos nas séries de 1 ml e 0,1 da amostra;

Fonte: RIISPOA art. 62.

Os itens químicos e microbiológicos avaliados correspondem aos padrões de interesse do RIISPOA Art. 62 que caracteriza os limites para os padrões de potabilidade para emprego da água de chiller de carcaças de frangos. Importante ressaltar que as avaliações de interesse de desempenho do teste de jarro foram efetuadas para verificação de performance do programa químico que são: Óleos e Graxas, Turbidez, Sólidos Suspensos e pH.

3.2 Descrição do processo da captação da água até o emprego

O sistema de captação e utilização de água no processo industrial obedece a uma seqüência invariável com as seguintes etapas:

Captação: lagoa de captação com objetivo de sedimentar sólido em função de fomentação de águas pluviais e permitir segurança operacional como reservatório.

Estação de tratamento de Afluentes (ETA): Unidade composta de Tanque de contato, Tanque de sedimentação e Filtro. Esta instalação busca atender os padrões de potabilidade no âmbito das propriedades físico-químicas,

Cisterna: Nesta etapa se adiciona cloro de forma a restringir crescimentos microbianos e serve ainda como reserva de água para atender os consumos de pico da indústria.

Caixa d'água: esta instalação está disposta num nível de cota planialtimétrica elevada das cotas de pontos de consumo para proporcionar pressões e vazões desejáveis.

Observa-se a partir deste reservatório o lançamento de consumo interno ao frigorífico com as seguintes unidades de consumo onde são relatadas apenas as centrais de interesse ao presente trabalho:

Máquina de Gelo: Equipamento utilizado para produção de gelo de forma atender às normativas do SIF.

Pré Chiller: Tanque com fundo em forma de parábola e extensão acompanhada de uma helicóide transportadora confeccionado em aço inox onde se introduz em carcaças de frango com temperatura de até 41°C onde ocorre o fenômeno de transferência de calor entre a massa de carne e massa de água que normalmente está em 1°C pela presença de gelo. Este equipamento apresenta uma carga orgânica de constituintes dissolvidos das cargas de frango muito superior aos chillers subseqüentes.

Chiller (segundo e terceiro): Tanque com fundo em forma de parábola e extensão acompanhada de uma helicóide transportadora confeccionado em aço inox onde se introduz em carcaças de onde ainda ocorre o fenômeno de transferência de calor entre a massa de carne e massa de água. Este equipamento apresenta uma carga orgânica de constituintes dissolvidos das carcaças de frango muito inferior ao pré chiller.

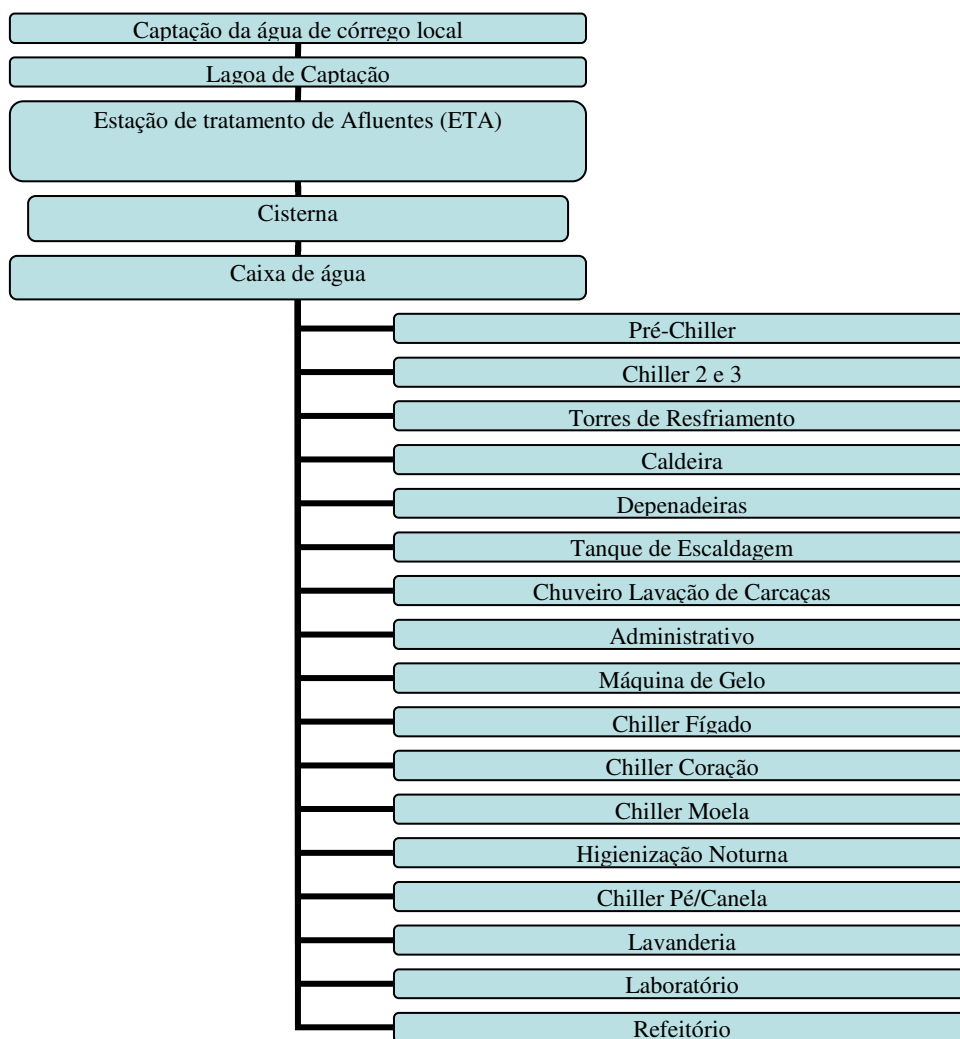


Figura 14: Fluxograma dos destinos de consumo da água normalmente realizado pelos frigoríficos.

As condições da água introduzida no chiller e pré chiller apresenta um controle rígido do Cloro e da temperatura de alimentação que normalmente reside a temperaturas inferiores a 1°C. O Gelo é introduzido em todos chillers de forma permanente e contínua para compensar a carga térmica na transferência de calor da massa de carne de frango para o meio líquido pelo fenômeno de mudança de fase do gelo como fase sólida para fase líquida.

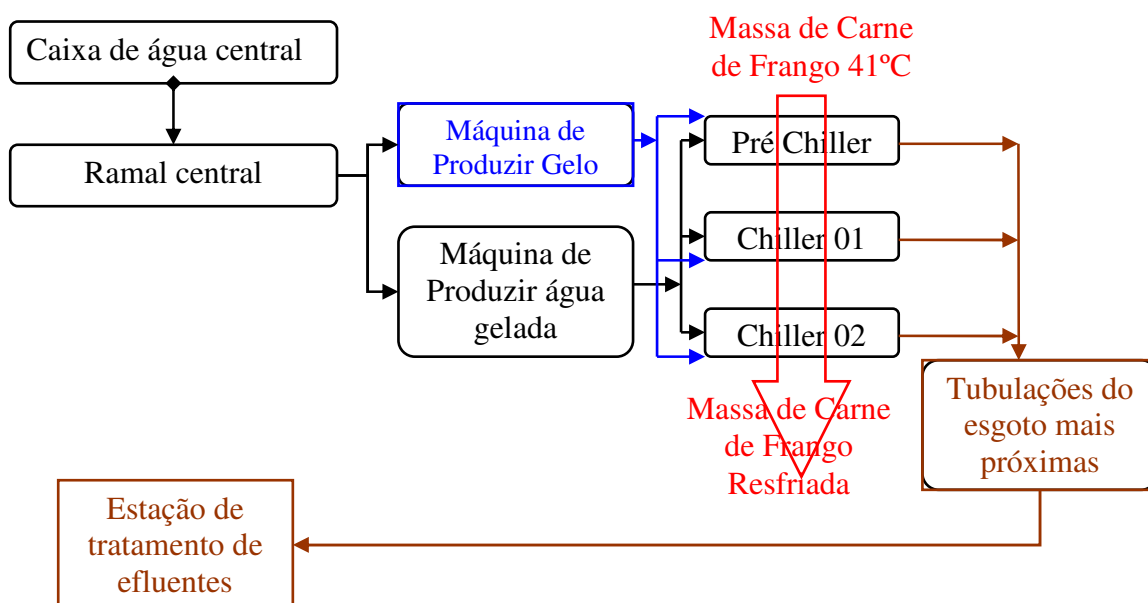


Figura 15. Fluxograma do processo normalmente realizado pelos frigoríficos.

A água descartada do chiller é lançada para as tubulações de esgoto locais e por sua vez segue ao sistema de tratamento de Efluentes. A taxa de descarte de água do chiller segue as normativas do Serviço de Inspeção Federal que apresenta normativas definidas para esta operação de forma diferenciada para o Pré chiller e Chiller.

3.3 Sugestão fluxograma de trabalho proposto:

Visualizando o cenário atual das limitações dos recursos hídricos do planeta se sugere a reutilização de até 90% de toda água descartada do chiller e a taxa de descarte do sistema pode oscilar com o grau de contaminação microbiológica do processo.

O processo de recuperação da água descartada segue conceitualmente o processo de remoção de material particulado, remoção de material dissolvido e remoção de material microbiológico por efeitos físicos de germicidas e coagulante e floculante.

Remoção de material particulado: com objetivo de capturar partículas de carne e outras frações das peças da carcaça de frango refrigerada no chiller se posiciona inicialmente uma peneira de tambor rotativo de alimentação externa com abertura mínima de fenda da tela de filtragem de 0.5 mm. Este equipamento

deverá ser preferencialmente confeccionado em aço inox ou outro material permitido pelo SIF que possibilite a higienização diária do equipamento e com uma inerticidade química desejada.

Remoção de sólidos dissolvidos: Utilização de flotador com sistema de ar dissolvido e automação. Este sistema obedece a um controle rígido sobre a dosagem de coagulantes e polímeros de origem orgânica aprovado pelo SIF. Para obter o controle rígido se torna obrigatória a utilização de sistemas automatizados com leituras de parâmetros e registros dos mesmos de forma a obter confiabilidade no sistema, e permitir a utilização do sistema PID (Proporcional Integral e Derivativo) para antecipação de oscilação das características do efluente tratado.

Sistemas germicidas: Emprego de lâmpadas ultravioletas ao final do tratamento para eliminar apenas formas ativas de microorganismos. Esporos e formas encapsuladas estariam imunes à ação deste equipamento, mas aplicando metodologias de contagem global de germes e coliformes fecais se delimitariam a eficiência deste equipamento. A introdução de um equipamento dosador de cloro é fundamental para o efeito germicida residual para manutenção dos padrões de cloração determinados pelo RIISPOA fundamental para manutenção dos padrões de potabilidade e redução da imposição do crescimento microbiológico obtidos no reservatório do Chiller.

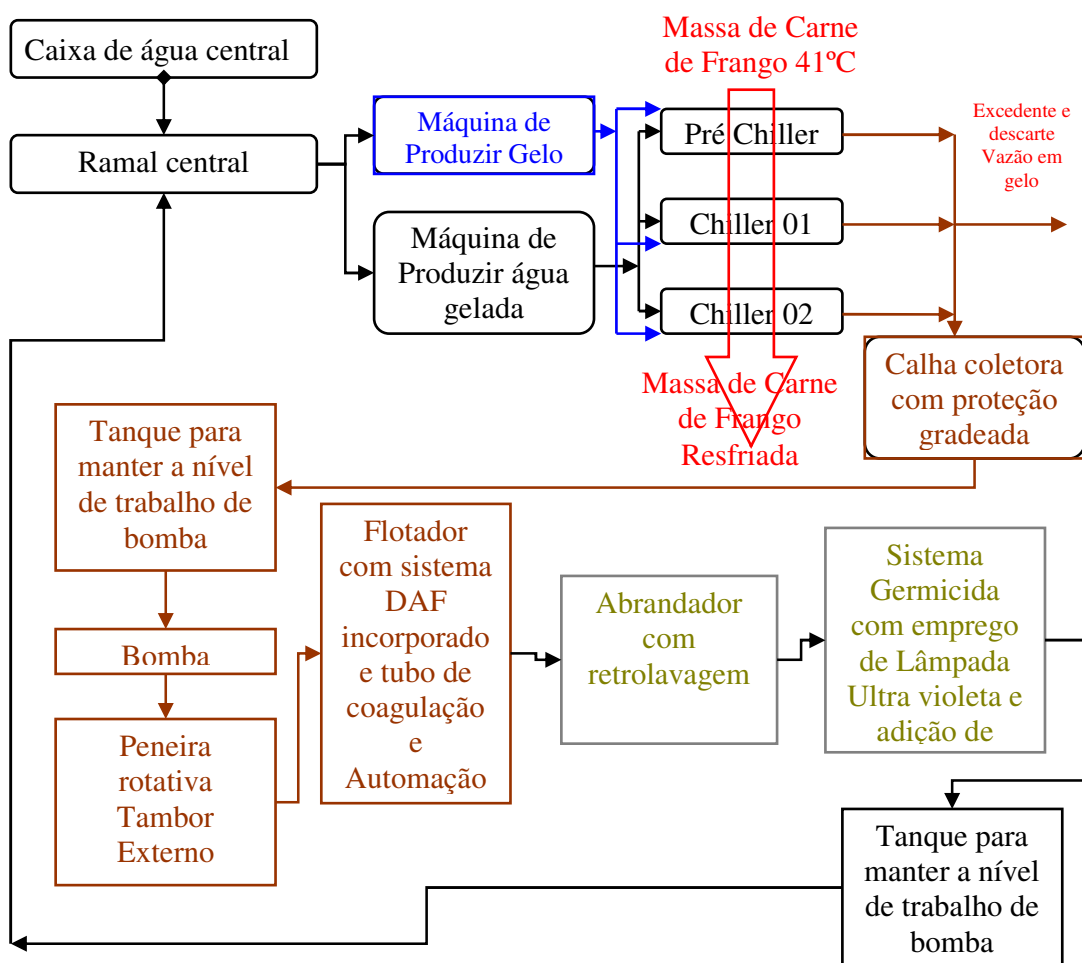


Figura 16 – Fluxograma do processo proposto e modelo de tratamento proposto pelo estudo

3.4 Levantamento de dados para viabilização técnica:

Inicialmente caracterizaram-se os principais parâmetros químicos e microbiológicos do efluente descartado do Flotador com a seguinte situação de coleta.

Efetou-se durante o intervalo de 1 (uma) hora em um turno normal de produção a coleta de efluente que foi encaminhado para o laboratório efetivando as seguintes análises:

Tabela 22: Análises efetuadas para caracterização da água descartada do chiller.

<i>Principais parâmetros para caracterização</i>	Unidades
Óleos e Graxas	mg / L
Sólidos Totais Dissolvidos	mg / L
Sólidos suspensos totais	mg / L
Unidades formadoras de colônia	(UFC) por ml,
Coliformes totais	Unidades / 100 ml
Cloro residual	mg/L
pH	
Turbidez	UT (Unidade de turbidez)

Realizar Ensaio com Teste de Jarros com a coleta composta do efluente com a mesma partida da coleta (mesmo volume de material coletado para prática de todos os testes de jarros). Efetuar uma leitura dos mesmos itens sobre o efluente da amostra composta e logo após o teste de jarros. Realizar um ensaio com exposição controlada pelo ultravioleta e efetuar apenas as análises de:

Unidades formadoras de colônia

Coliformes totais

Um ponto negativo do reuso seguido da hipercloração (15ppm), é que quando o cloro é adicionado em águas residuárias que contenham quantidades consideráveis de matéria orgânica, poderá haver formação de subprodutos que podem ser prejudiciais à saúde humana e ao meio ambiente. Uma alternativa seria verificar a possibilidade de usar outros agentes desinfetantes, que poderiam substituir o uso do cloro ativo (solução de hipoclorito de sódio) como agente desinfetante.

CAPITULO 4

5.1 Caracterização da água de Chiller de carcaça de Frango

Coletas de caracterização da água descartada do Chiller 02 em 28 / 11 / 2007 pela pessoa de Djan Porrua de Freitas CRQ 13400691 da Empresa QMC saneamento com a coleta iniciada as 5:15 e somente no horário 6:15 foi coletado o efluente com presença de frangos no interior do Chiller e a última coleta as 16:50 já não ocorria presença de frango no seu interior.

Tabela 23: Dados de caracterização química da água descartada do Chiller 02 conforme art. 62 do RIISPOA.

FONTE: Coletas e análise efetuadas pela QMC Saneamento

Dados do processo disponibilizados por Sr. Iran Quint Souza Junior Gerente Técnico e Ambiental da água descartada do Chiller 02 na data de 28/11/2007.

Tabela 24: Dados do processo industrial dos Chillers 01 e 02

Intervalo das Coletas Horário	05h00 - 06h00	06h00 - 07h00	07h00 - 08h00	08h00 - 09h00	09h00 - 10h00	10h00 - 11h00	11h - 12h00	12h00 - 13h00	13h00 - 14h00	14h00 - 15h00	15h - 16h00
Peso abatido por hora (kg)	10.290	20.580	20.320	10.016	20.032	18.878	9.439	11.355	22.710	22.931	7.683
Temperatura pré-chiller (°C)	4	4,5	4,5	4,5	5	5,1	5,3	4,8	4,5	5,6	6,4
Temperatura chiller (°C)	0,5	0,6	0,6	0,6	0,8	1,1	1,2	1,5	1,9	2,2	2,3
Temperatura carcaça (°C)	-	-	1,8	2,1	2,6	2,6	1,8	2,5	4	3,9	3,6
Cloro (ppm)	0,5	0,6	0,6	0,6	0,5	0,6	0,6	0,6	0,6	0,5	0,6

FONTE: Dados de processo fornecido pelo frigorífico controle de qualidade

Com dados da referida tabela pode-se interpretar as seguintes verificações do processo produtivo:

a) Massa de frango abatida por hora: verificação da massa de carcaça de frango lançada no chiller que por sua vez influencia na variação dos valores da caracterização química da água descartada no Chiller 02.

b) Temperatura do pré chiller: Temperatura média da água descartada do pré chiller. Informação esta fundamental para avaliar a troca térmica entre o meio líquido e a massa de carne de frango imersa no sistema e ainda possibilita relacionar a potenciação de solubilidade da água de forma a abater material na verificação da água descartada pelo chiller 02.

c) Temperatura do chiller 02: Temperatura média da água descartada do chiller 02. Informação esta fundamental para avaliar a troca térmica entre o meio líquido e a massa de carne de frango imersa no sistema e ainda possibilita relacionar a potenciação de solubilidade da água e conseqüente caracterização da água descartada do chiller 02.

d) temperatura da Carcaça de frango: Temperatura do frango logo na saída do Chiller 03. Após a troca térmica com os 3 chillers de frango refletindo particularidades do processo de transferência de calor. Esta informação irá ser fundamental para remodelação do sistema de resfriamento da água reutilizada do chiller.

e) Controle do Cloro na ETA e nas tomadas internas da rede hidráulica interna do frigorífico na água alimentada no Chiller e na máquina de gelo de forma a avaliar o conteúdo de cloro administrado na água do processo do Chiller 02.

Ainda foram observados na mesma data:

Absorção do frango no Chiller: 5.08%. Registro de algum acidente de manutenção e operacional durante os trabalhos de coletas efetivamente nula nos controles industriais da fábrica. Sem ocorrências de paradas de abate em ou outro incidente que venha influenciar de forma determinante o estudo de caracterização da água descartada do Chiller 02.

5.2 Dados das análises do Teste de Jarros do Chiller 02

Coletas para desenvolvimento do teste de Jarros foram efetuadas no Chiller 02 em 18 / 12 / 2007 às 15:00 pela pessoa do Sr. Eduardo Nunes Pereira especialista no teste de jarros da Empresa INTECH foram coletados neste horário em função dos estudos de caracterização da água do Chiller 02 que permitem afirmar efetivamente que o processo está na situação de saturação e portanto com o conteúdo de material dissolvido muito adequado as condições de dimensionamento do sistema de reaproveitamento da água do chiller. O ponto de coleta foi o mesmo efetuado no estudo de caracterização da água de chiller, na calha de descarte da água do Chiller 02.

Tabela 25: Resultados analíticos que avaliam a performance do programa químico efetuado na água de chiller.

Itens avaliados para performance do Teste de Jarros	Efluente Bruto	Teste de Jarros 01	Teste de Jarros 02	Unidades
pH	6,72	9,32	6,45	-----
Óleos e graxas	146,00	inferior a 1.0	80,00	mg/L
Sólidos Suspensos Totais	170,00	9,00	36,00	mg/L
Turbidez	108,47	23,57	81,51	UT

FONTE: Coletas e análise efetuadas pela QMC Saneamento

Os dados estão plenamente relacionados com a próxima tabela uma vez que foram efetuadas as análises a partir das mesmas partidas do teste de Jarros, ou seja, o mesmo frasco de coleta do efluente bruto originou a tabela acima e a próxima. Procurou-se expor diferenciadamente esta tabela de dados em função destas análises não estarem relacionadas com as exigências do Art. 62 do RIISPOA.

Tabela 26: Dados de caracterização química da água descartada do Chiller 02 conforme art. 62 do RIISPOA.

Itens avaliados conforme Art. 62 do RIISPOA	Efluente Bruto	Teste de Jarros 01	Teste de Jarros 02	Unidades
Sólidos totais	563,00	738,00	1.911,00	mg/L ou ppm
Cloro Livre	inferior a 0.01	inferior a 0.01	inferior a 0.01	mg/L ou ppm
Cloro residual	inferior a 0.01	inferior a 0.01	inferior a 0.01	mg/L ou ppm
Cloro residual Livre	inferior a 0.01	inferior a 0.01	inferior a 0.01	mg/L
Nitrogênio Amoniacal	1,1 0,0011	1,6 0,0016	26 0,026	mg/L g / litro
Nitrogênio Nitrito	inferior a 0.01 10	inferior a 0.01 0,00001	inferior a 0.01 0,00001	mg/L g / litro
Matéria Orgânica	44,39 0,04439	1,32 0,00132	3,45 0,00345	mg/L g / litro
Dureza total (grau de dureza)	20	28	34	mg/L
Chumbo	inferior a 0.01	inferior a 0.01	inferior a 0.01	mg/L ou ppm
Cobre	inferior a 0.10	inferior a 0.10	inferior a 0.10	mg/L ou ppm
Zinco	inferior a 0.50	inferior a 0.50	inferior a 0.50	mg/L ou ppm
Arsênio	inferior a 0.01	inferior a 0.01	inferior a 0.01	mg/L ou ppm
Fluoretos	inferior a 0.10	inferior a 0.10	inferior a 0.10	mg/L ou ppm
Selênio	inferior a 0.01	inferior a 0.01	inferior a 0.01	mg/L ou ppm
Magnésio	1,92	4	6	mg/L ou ppm
Sulfatos	5,00 0,005	12,50 0,0125	inferior a 0,01 inferior a 0,00001	mg/L ou ppm g / litro
Fenóis	inferior a 0.001	inferior a 0.001	inferior a 0.001	mg/L ou ppm

FONTE: Coletas e análise efetuadas pela QMC Saneamento

Neste quadro a seguir relacionam-se os valores emitidos pela QMC Saneamento e ainda os valores convertidos para a mesma análise para serem efetivamente analisados em conflito com as exigências do RIISPOA.

Tabela 27: Dados de analisados durante o Teste de Jarros.

	pH Inicial	pH final	Turbidez antes da dosagem (NUT)	Turbidez depois da dosagem (NUT)	Eficiência
Teste de Jarros 1	6,92	8,71	71,03	0,29	99,59%
Teste de Jarros 2	6,92	8,10	71,03	6,40	90,99%

FONTE: Teste de Jarros Realizados na INTECH

Os dados oferecem a possibilidade de decisão rápida sobre eficiência do programa químico do trabalho de teste de jarros e assim permitir conforme o fluxograma do ensaio a definição imediata de qual o melhor programa químico para se levar posteriormente para o trabalho de exposição às lâmpadas ultravioletas.

Tabela 28: Dados de caracterização microbiológica da água descartada do Chiller 02 conforme art. 62 do RIISPOA.

PARÂMETROS ANALISADOS	AMOSTRA 4	AMOSTRA 5	AMOSTRA 6	AMOSTRA 7	AMOSTRA 8	Unidades
Teste de Jarros	Não	Sim (clarificado do teste de jarros 01)	Sim (clarificado do teste de jarros 01)	Sim (clarificado do teste de jarros 01)	Sim (clarificado do teste de jarros 01)	
Exposição ultravioleta.	Sem Exposição	Sem Exposição	Exposição em 30 segundos	Exposição em 1 minuto	Exposição em 3 minutos	
Contagem Microorg. Mesófilos	10.000	20	ausente	50	ausente	UFC/100ml
Coliformes T.T.	30.000	110	40	170	ausente	NMP/100ml

FONTA: Coletas e análise efetuadas pela QMC Saneamento e Teste de Jarro efetuado na INTECH

De posse dos dados obtidos pelo teste de jarros imediatamente efetuados durante o ensaio se visualizou a melhor obtenção de material clarificado e a formação adensada com os flocos com aspecto mais estável e apropriado para o programa químico do futuro Flotador. Assim o “Teste de Jarros 01” foi o mais adequado e utilizado para estudos de reduções microbiológicas e visualizados os valores de interesse de controle do RIISPOA art. 62.

Tabela 29: Dados do processo industrial dos Chillers 01 e 02 na data da coleta para o estudo de teste de jarros

Intervalo das Coletas Horário	05h00 - 06h00	06h00 - 07h00	07h00 - 08h00	08h00 - 09h00	09h00 - 10h00	10h00 - 11h00	11h - 12h00	12h00 - 13h00	13h00 - 14h00	14h00 - 15h00	15h - 16h00
Massa de frango abatido (kg/h)	13.024	19.536	12.291	13.777	20.656	20.602	16.693	3.339	20.032	23.205	11.958
Temperatura pré-chiller (°C)	4,5	4,6	4,8	5	5,5	5,8	6,1	5	4,7	5,4	6,2
Temperatura chiller (°C)	2,5	2,6	2,5	1,9	2,2	1,8	1,2	2	2,5	1,7	1,2
Temperatura frango (°C)	-	-	2,4	2,5	2,5	2,7	2,7	3	3,6	3,1	2,7
Cloro (ppm)	0,7	0,6	0,6	0,6	0,6	0,7	0,7	0,8	0,8	0,6	0,7

FONTA: Dados de processo fornecido pelo frigorífico controle de qualidade

Com dados da referida tabela 29 pode-se interpretar as seguintes verificações do processo produtivo:

a) Massa de frango abatida por hora: verificação da massa de carcaça de frango lançada no chiller que por sua vez influencia na variação dos valores da caracterização química da água descartada no Chiller 02.

b) Temperatura do pré chiller: Temperatura média da água descartada do pré chiller. Informação esta fundamental para avaliar a troca térmica entre o meio líquido e a massa de carne de frango imersa no sistema e ainda possibilita

relacionar a potenciação de solubilidade da água de forma a abater material na verificação da água descartada pelo chiller 02.

c) Temperatura do chiller 02: Temperatura média da água descartada do chiller 02. Informação esta fundamental para avaliar a troca térmica entre o meio líquido e a massa de carne de frango imersa no sistema e ainda possibilita relacionar a potenciação de solubilidade da água e conseqüente caracterização da água descartada do chiller 02.

d) temperatura da Carcaça frango: Temperatura do frango logo a saída do Chiller 03. Após a troca térmica com os 3 chillers de frango refletindo particularidades do processo de transferência de calor. Esta informação irá ser fundamental para remodelação do sistema de resfriamento da água reutilizada do chiller.

e) Controle do Cloro na ETA e nas tomadas internas da rede hidráulica interna do frigorífico na água alimentada no Chiller e na máquina de gelo de forma a avaliar o conteúdo de cloro administrado na água do processo do Chiller 02.

Ainda foram observados na mesma data:

Absorção do frango no Chiller: 6.20%. Registro de algum acidente de manutenção e operacional durante os trabalhos de coletas efetivamente nula nos controles industriais da fábrica. Sem ocorrências de paradas de abate em ou outro incidente que venha influenciar de forma determinante o estudo de teste de jarros.

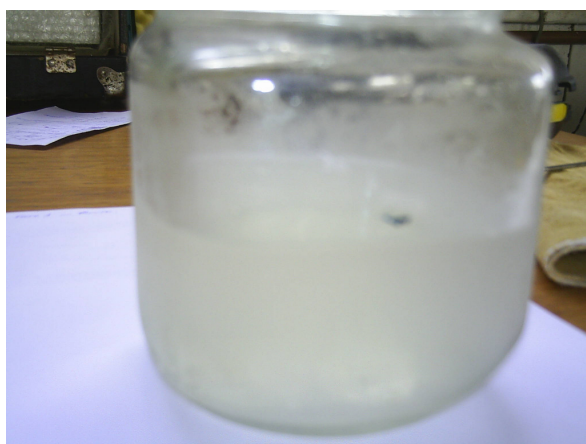


Figura 17 - Imagem do efluente bruto.
FONTE: Teste de Jarro realizado na INTECH

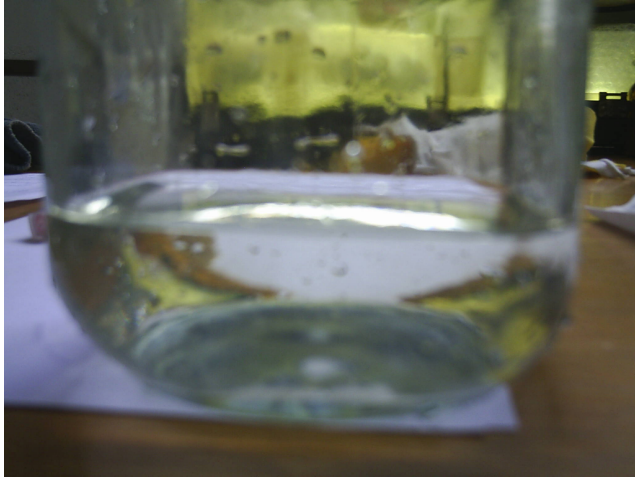


Figura 18 - Imagem do clarificado obtido da amostra com a melhor formação de floco.
FONTE: Teste de Jarros realizados na INTECH

CAPÍTULO 5

No presente capítulo, são relacionadas as conclusões obtidas, bem como as contribuições e as recomendações para futuros trabalhos.

6.1 Avaliação dos dados da caracterização da água de Chiller 02

Os dados já manifestados no capítulo anterior são demonstrado em uma seqüência de gráficos e onde são relacionadas as devidas conclusões e observações relevantes obtidas com as interações

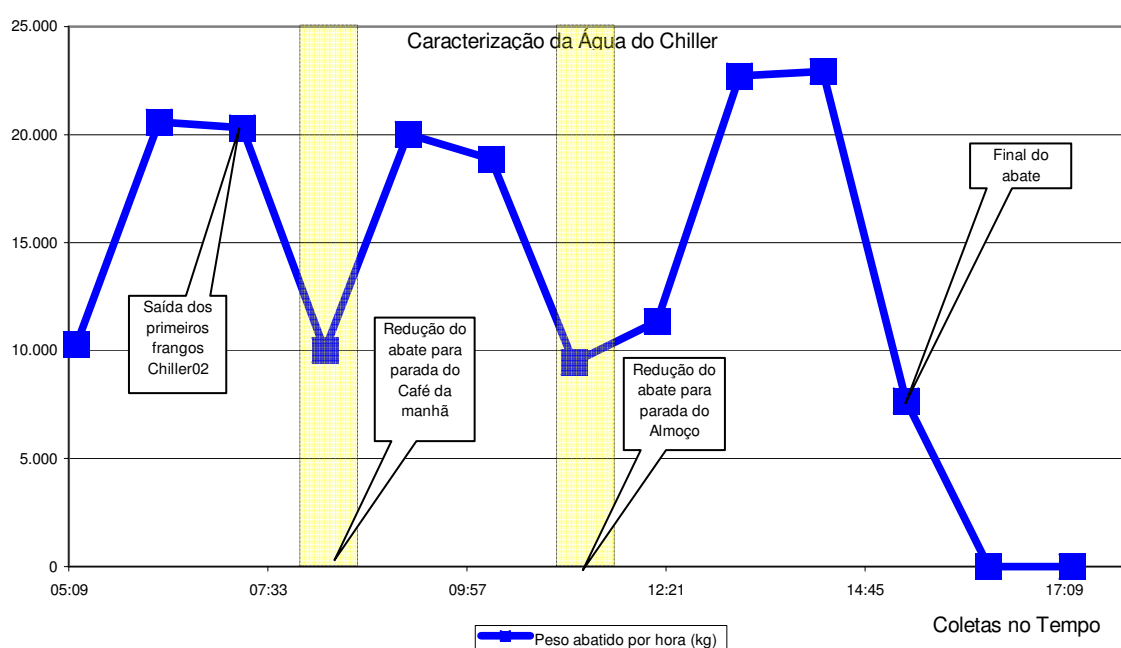


Figura 19: Gráfico temporal do processo do Chiller 02 na data da coleta para o estudo da curva de caracterização da água descartada. Valores na ordenada com unidades físicas conforme legenda. FONTE: Dados de processo fornecido pelo frigorífico controle de qualidade

No presente gráfico podem-se observar os seguintes pontos: a) O processo opera com fluxos intermitentes em 3 patamares de trabalho. b) O processo ao final do turno operacional apresenta uma vazão mássica de frango de maiores valores em relação aos dois primeiros de forma a ser o mais impactantes.

No gráfico precedente pode-se observar a caracterização da água descartada do chiller de carcaça de frangos de forma a caracterizar o horário do processo produtivo onde ocorre a maior concentração de sólidos e material

desprendido em virtude do lançamento da massa de carcaças de frango lançadas meio líquido.

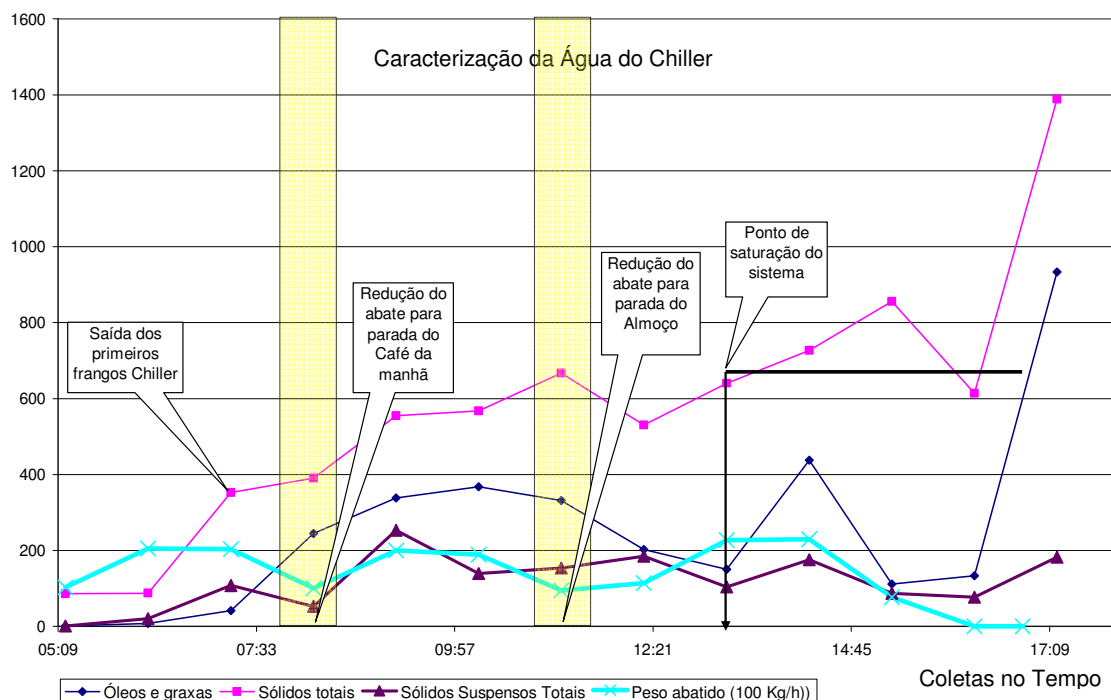


Figura 20: Gráfico com caracterização e processo industrial dos Chillers 02 na data da coleta para o estudo da curva de caracterização da água descartada do chiller. Valores na ordenada com unidades físicas conforme legenda. (Óleos e graxas, sólidos totais e Sólidos Suspensos totais em mg/l)

(FONTE: Coletas e análise efetuadas pela QMC Saneamento e Dados de processo fornecido pelo frigorífico controle de qualidade)

No presente gráfico podem-se observar os seguintes pontos:

a) O processo opera com fluxos intermitentes em 3 patamares de trabalho os quais produzem paralelamente com um retardo de Óleos e graxas, Sólidos Totais e Sólidos suspensos totais em relação à massa de frango introduzida no chiller 02.

b) Pode-se afirmar que a relação da taxa de massa de frango imersa no chiller 02 e a elevação dos valores de Óleos e graxas, Sólidos Totais e Sólidos suspensos totais é perfeitamente relacionável.

c) O ponto onde se permite visualizar a saturação mais proeminente do processo com presença de massa de frango dentro do chiller seria as 15:00 ponto identificado no gráfico.

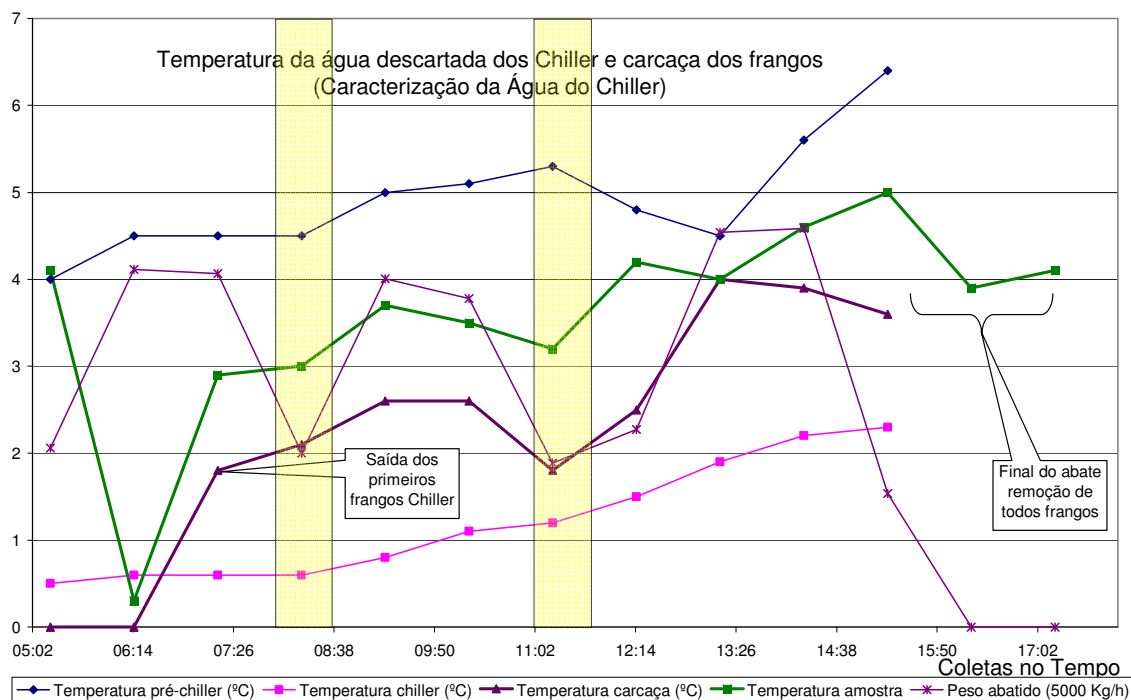


Figura 21: Gráfico com os dados verificados na água descartada do pré chiller e Chillers 02 na data da coleta para o estudo da curva de caracterização da água do chiller. Valores na ordenada com unidades físicas conforme legenda.

(FONTE: Dados de processo fornecido pelo frigorífico controle de qualidade)

No presente gráfico podem-se observar os seguintes pontos:

- O processo opera com fluxos intermitentes na taxa de alimentação da massa de carcaça de frango a ser resfriada de forma a se visualizar nos horários onde ocorre o lançamento mais intenso (horário das 13 até as 15) ocorre a elevação da temperatura da água descartada do Chiller 02 e ainda a temperatura da carcaça de frango.
- Como a vazão de alimentação de água gelada e gelo são fixa a elevação da temperatura da água descartada dos chillers está intimamente associada à vazão mássica de carcaças de frango alimentadas.

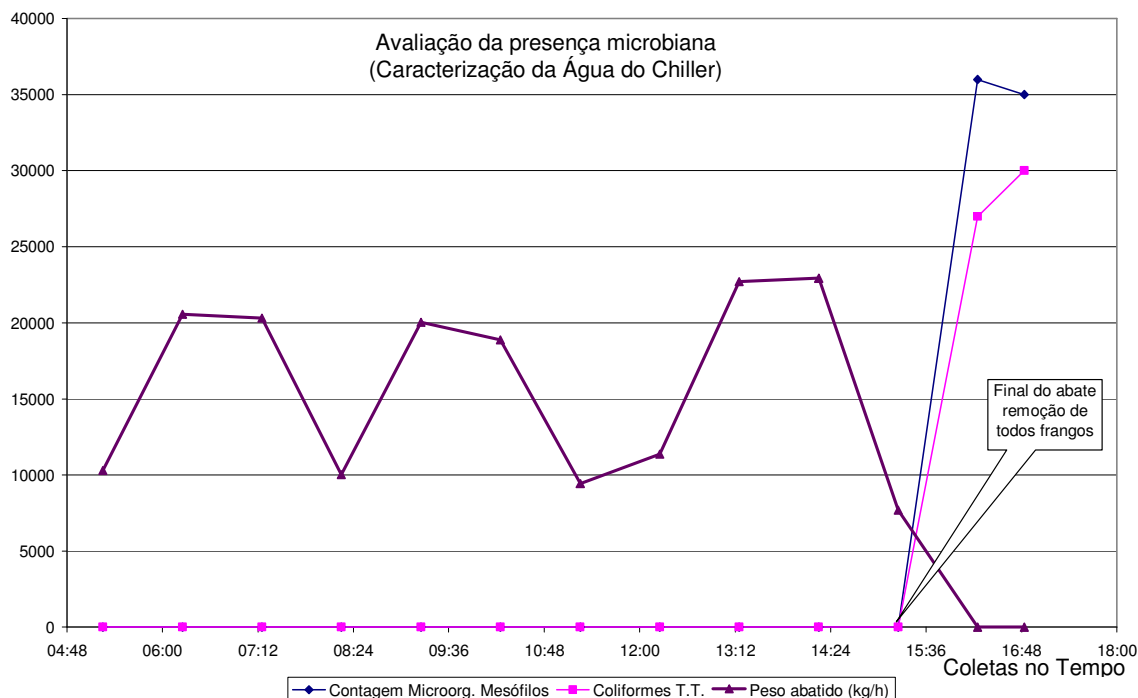


Figura 22: Gráfico do controle microbiano na água descartada do Chillers 02 na data da coleta para o estudo da curva de caracterização da água. Valores na ordenada com unidades físicas conforme legenda.
 FONTE: Coletas e análise efetuadas pela QMC Saneamento e Dados de processo fornecido pelo frigorífico controle de qualidade

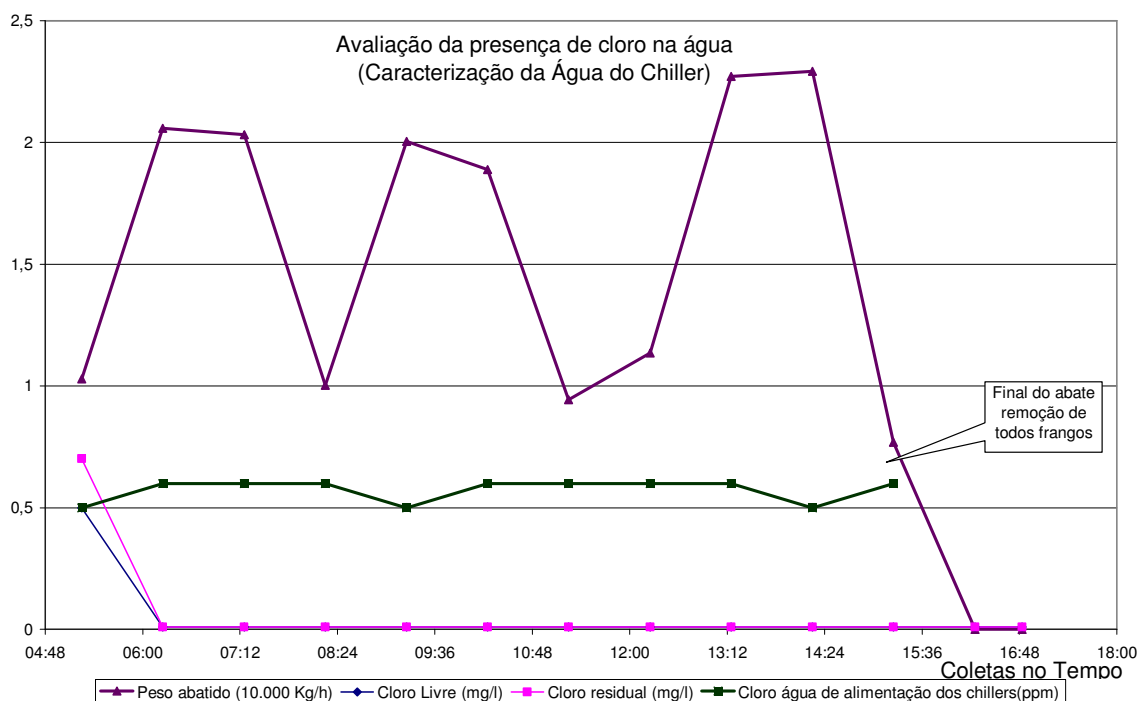


Figura 23: Gráfico do controle de cloro com os dados verificados na água descartada do Chillers 02 na data da coleta para o estudo da curva de caracterização da água. Valores na ordenada com unidades físicas conforme legenda.
 FONTE: Coletas e análise efetuadas pela QMC Saneamento e Dados de processo fornecidos pelo frigorífico controle de qualidade

Nos dois gráficos podem-se observar os seguintes pontos:

- c) O Cloro residual e cloro livre foram fortemente reduzidos pela matéria orgânica presente no conteúdo da água de chiller.
- d) O teor de cloro na água alimentada no chiller e a condição de higiene da evisceração estão muito seguros de forma que, em momento algum, durante a alimentação de carcaças de frango ocorreu conteúdo microbiano.
- e) Para qualquer projeto de reuso de água de chiller é providencial a dosagem de cloro uma vez que este permite controlar o crescimento microbiano.

Tabela 30: Valores médios para dimensionamento de um sistema de reuso de água de chiller dados verificados na água descartada do Chillers 02 na data da coleta para o estudo da curva de caracterização da água.

	Mínimo	Médio	Máximo	unidades
Sólidos Suspensos Totais	53,00	139,89	253,00	mg/L
Sólidos totais	353,00	587,33	856,00	mg/L
Óleos e graxas	42,00	247,43	438,50	mg/L
Sólidos totais	353,00	587,33	856,00	mg/L

De posse desta tabela se pode dimensionar a carga de material a ser reduzido no tratamento físico químico. Os dados considerados na mesma tabela são somente no intervalo do horário das coletas de 07h15min até às 15h15min. Os dados restantes foram desconsiderados em função de que não estava sendo alimentada massa de carcaça de frango no chiller, logo, não representava a realidade do processo.

6.2 Avaliação dos dados do teste de jarros da água de Chiller 02

Os dados já manifestados no capítulo anterior são demonstrados em uma seqüência de gráficos e sequencialmente serão apresentadas as devidas conclusões obtidas sobre o gráfico.

6.2.1 Dados do processo durante a data da coleta do teste de Jarros.

Segundo o gráfico podem-se observar os horários de produção e massa de carcaça de frango lançadas no Chiller para observa o horário da coleta.

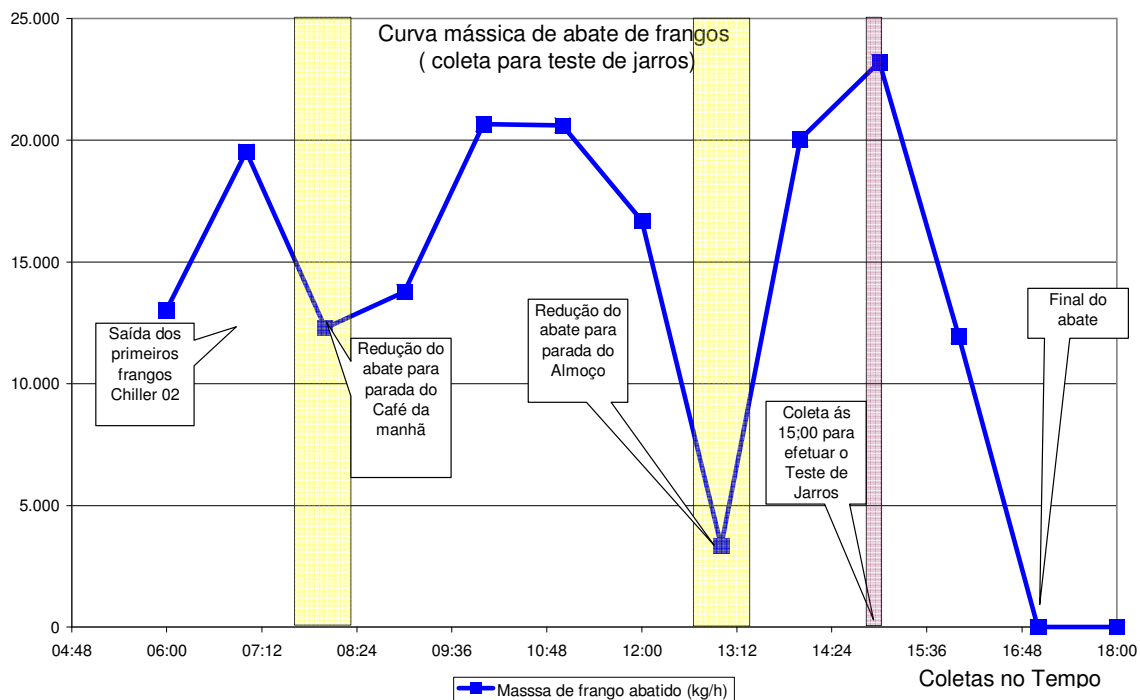


Figura 24: Gráfico do processo industrial dos Chillers 02 na data da coleta para o estudo do teste de jarros. Valores na ordenada com unidades físicas conforme legenda.

FONTE: Dados de processo fornecido pelo frigorífico controle de qualidade

No presente gráfico podem-se observar os seguintes pontos: a) O processo opera com fluxos intermitentes em 3 patamares de trabalho. b) O processo ao final do turno operacional apresenta uma vazão mássica de carcaças de frango de maior valor em relação aos dois primeiros de forma a ser o mais impactantes.

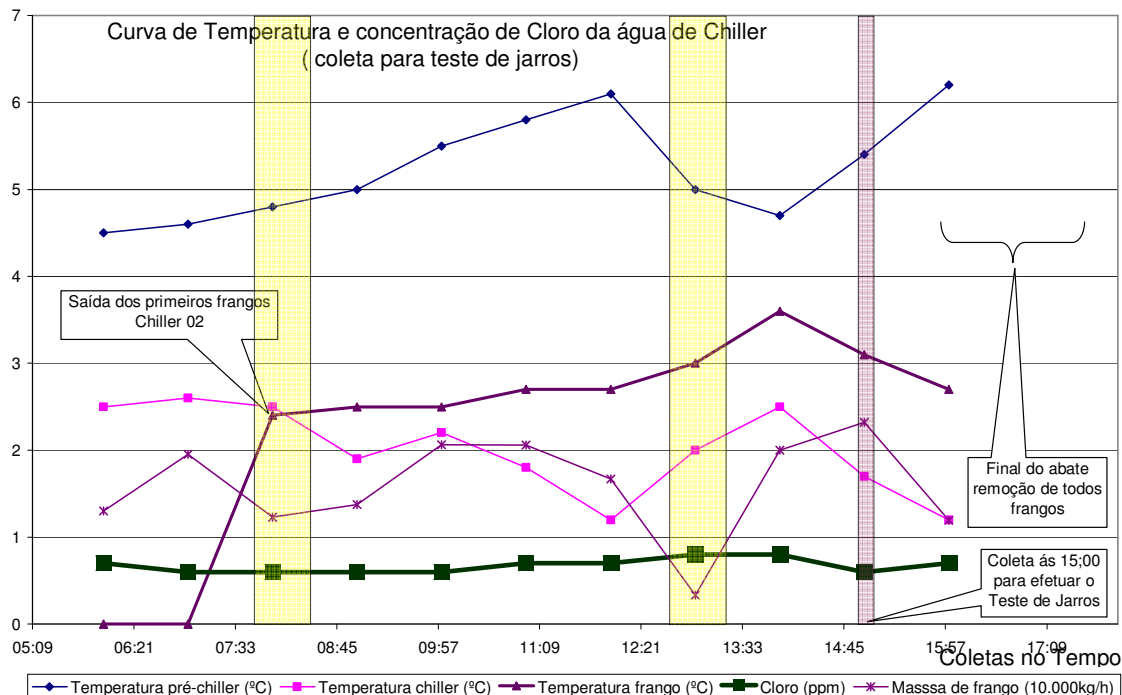


Figura 25: Gráfico com os dados verificados na água descartada do pré chiller e Chillers 02 na data da coleta para o estudo do teste de jarros. Valores na ordenada com unidades físicas conforme legenda.

FONTE: Coletas e análise efetuadas pela QMC Saneamento

No presente gráfico podem-se observar os seguintes pontos:

- f) O processo opera com fluxos intermitentes na taxa de alimentação da massa de carcaça de frango a ser resfriada de forma a se visualizar nos horários onde ocorre o lançamento mais intenso (horário das 13 até as 15) ocorre a elevação da temperatura da água descartada do Chiller 02 e ainda à temperatura da carcaça de frango.
- g) Como a vazão de alimentação de água gelada e gelo é fixa a elevação da temperatura da água descartada dos chillers está intimamente associada à vazão mássica de carcaças de frango alimentadas.
- h) Os dados observados neste gráfico são semelhantes aos dados observados na data da coleta para o estudo da curva de caracterização da água do chiller. Portanto se pode verificar que o horário da coleta para ensaio de teste de jarros segue o ponto de saturação já identificado no gráfico da caracterização da água, assim sendo segura esta afirmação pela similaridade do processo.

6.2.2 Avaliação do efluente clarificado obtido durante o teste de Jarros.

Seguem subseqüentemente os dados obtidos do líquido clarificado no teste de jarros do efluente coletado do chiller no horário de saturação do processo do chiller, conforme caracterização da água descartada do chiller.

Tabela 31: Avaliação de performance de resultados analíticos do clarificado sobre o programa químico efetuado no teste de jarros na água de chiller 02.

Itens avaliados para performance do Teste de Jarros	Efluente Bruto	Teste de Jarros 01	Eficiência de redução	Teste de Jarros 02	Eficiência de redução	Unidades
pH	6,72	9,32	---	6,45	---	-----
Óleos e graxas	146	inferior a 1.0	99,94%	80	45,21%	mg/L
Sólidos Suspensos Totais	170	9	94,71%	36	78,82%	mg/L
Turbidez	108,47	23,57	78,27%	81,51	24,85%	NTU

Na presente tabela podem-se se observar os seguintes pontos:

- i) Apesar do teste de jarros 02 apresentar em seu programa coagulante orgânicos apresenta uma redução de material muito inferior ao teste de jarros 01 que é significativamente superior.
- j) O maior objetivo do programa químico é reduzir a turbidez e óleos e graxas que venham a prejudicar o processo germicida sequencialmente posicionado.

Seguem subseqüentemente apenas as análises físico-químicas de interesse do RIISPOA art. 62 que foram obtida do líquido clarificado no teste de jarros do efluente coletado do chiller no horário de saturação do processo do chiller, conforme caracterização da água descartada do chiller.

Tabela 32: Avaliação de resultados analíticos do clarificado sobre o programa químico efetuado no teste de jarros 01 na água de chiller 02. PARTE A.

ITEM art. 62	Itens avaliados conforme Art. 62 do RIISPOA	Efluente Bruto	Unidades	Desvio em relação ao RIISPOA	Teste de Jarros 01	Unidades	Restrição do RIISPOA	Desvio em relação ao RIISPOA do teste de Jarros	Situação	Redução em relação ao efluente Bruto
d	Sólidos totais	1.911,00	mg/L ou ppm	282,20%	563,00	mg/L ou ppm	< 500 ppm	12,60%	Não atende RIISPOA estão 12,6% acima	70,54%
m	Cloro Livre	inferior a 0.01	mg/L ou ppm	-99,00%	inferior a 0.01	mg/L ou ppm	< 1 ppm	-99,00%	Atende RIISPOA	
m	Cloro residual	inferior a 0.01	mg/L ou ppm	-80,00%	inferior a 0.01	mg/L ou ppm	> 0,05 ppm	-80,00%	Não atende RIISPOA estão 80% abaixo	
m	Cloro residual Livre	inferior a 0.01	mg/L	não descrito no RIISPOA	inferior a 0.01	mg/L	não descrito no RIISPOA	não descrito no RIISPOA	não descrito no RIISPOA	
e	Nitrogênio Amoniacal	1,1	mg/L	-78,00%	1,6	mg/L	< 0,005 g/l	-68,00%	Atende RIISPOA está 68% abaixo	-45,45%
		0,0011	g / litro	-78,00%	0,0016	g / litro		-68,00%		
f	Nitrogênio Nitrito	inferior a 0.01	mg/L	-99,50%	inferior a 0.01	mg/L	< 0,002 g/l nitrogênio nítrico	-99,50%	Atende RIISPOA	
		0,00001	g / litro	-99,50%	0,00001	g / litro		-99,50%		
h	Matéria Orgânica	44,39	mg/L	2119,50%	1,32	mg/L	< 0,002 g/l matéria orgânica,	-34,00%	Atende RIISPOA está 34% abaixo	97,03%
		0,04439	g / litro	2119,50%	0,00132	g / litro		-34,00%		

Na presente tabela podem-se observar os seguintes pontos:

- k) Como o ensaio de teste de jarros não empregou micro bolhas de ar pode-se afirmar com grande tranquilidade que com o emprego de flutuadores com sistemas de ar dissolvido se permite reduzir os 12.6% dos Sólidos Totais.
- l) O item m será atingido uma vez que com a reintrodução da água após o sistema de tratamento físico-químico e degerminação se efetuará dosagem de cloro dentro dos parâmetros exigidos pelo art. 62.
- m) O programa físico-químico não interferiu na presença do Cloro residual livre e, portanto este foi previamente reduzido dentro do chiller no seu emprego inicial.

Tabela 33: Avaliação de resultados analíticos do clarificado sobre o programa químico efetuado no teste de jarros 01 na água de chiller 02. PARTE B.

ITEM art. 62	Itens avaliados conforme Art. 62 do RIISPOA	Efluente Bruto	Unidades	Desvio em relação ao RIISPOA	Teste de Jarros 01	Unidades	Restrição do RIISPOA	Desvio em relação ao RIISPOA do teste de Jarros	Situação	Redução em relação ao efluente Bruto
i	Dureza total (grau de dureza)	20	mg/L	0,00%	28	mg/L	< 20 grau de dureza	40,00%	Não atende RIISPOA está 40% acima	-40,00%
j	Chumbo	inferior a 0.01	mg/L ou ppm	-90,00%	inferior a 0.01	mg/L ou ppm	< 0,1 ppm		Atende RIISPOA	
k	Cobre	inferior a 0.10	mg/L ou ppm	-96,67%	inferior a 0.10	mg/L ou ppm	< 3 ppm		Atende RIISPOA	
l	Zinco	inferior a 0.50	mg/L ou ppm	-96,67%	inferior a 0.50	mg/L ou ppm	< 15 ppm		Atende RIISPOA	
n	Arsênio	inferior a 0.01	mg/L ou ppm	-80,00%	inferior a 0.01	mg/L ou ppm	< 0,05 ppm		Atende RIISPOA	
o	Fluoretos	inferior a 0.10	mg/L ou ppm	-90,00%	inferior a 0.10	mg/L ou ppm	< 1 ppm		Atende RIISPOA	
p	Selênio	inferior a 0.01	mg/L ou ppm	-80,00%	inferior a 0.01	mg/L ou ppm	< 0,05 ppm		Atende RIISPOA	
q	Magnésio	1,92	mg/L ou ppm	6300,00 %	4,00	mg/L ou ppm	< 0,03 ppm	13233,33%	Não atende RIISPOA está 132,3 vezes acima	-108,33%
r	Sulfatos	5	mg/L ou ppm	-50,00%	12,5	mg/L ou ppm	< 0,010 g/l	25,00%	Não atende RIISPOA está 25% acima	-150,00%
		0,005	g / litro	-50,00%	0,0125	g / litro		25,00%		
s	Fenóis	inferior a 0.001	mg/L ou ppm	-10,00%	inferior a 0.001	mg/L ou ppm	< 0,001 ppm	-10,00%	Atende RIISPOA	

Na presente tabela podem-se observar os seguintes pontos:

- n) O item i será atingido se houver emprego de um abrandador no processo uma vez que o programa químico empregado incorporou em 40% em referência aos valores de controle do Art. 62 do RIISPOA e ainda pode-se observar que o efluente bruto já apresenta uma dureza residual bastante elevada característica da água de captação utilizada por toda planta.
- o) O item q também se encontra com valores elevados no efluente bruto típico da água de captação. O programa químico do teste de jarros dobrou sua presença na água alimentada. Podem-se oportunizar duas linhas de trabalho para solucionar a redução presencial deste componente químico: 1) Utilizar coagulantes isentos de magnésio 2) Emprego de abrandador com resinas de alta especificidade para o Magnésio.
- p) O item r apenas está divergente no teste de jarros 01 o que não acontece no teste de jarros 02 e está implícito ao programa químico por que o coagulante empregado apresenta grupos sulfatos que residualmente foram desprendidos no clarificado. Tanto que se observa um incremento de 1,5

vezes em referência ao efluente bruto. Efetivamente para a implantação operacional será necessário reduzir 24% da dosagem do coagulante de forma a não se ultrapassar os valores de controle do RIISPOA art. 62.

6.2.3 Avaliação microbiológica do teste de jarros 01.

Como já foi mencionado no capítulo anterior se definiu pelo critério da eficiência na remoção da turbidez e de imediato se definiu o Teste de jarros 01 como o mais adequado e com emprego do clarificado se direcionaram as análises microbiológicas as quais são apresentadas.

Tabela 34: Avaliação de resultados das Amostras 4 e 5 (água bruta e clarificado do teste de jarros sem exposição a UV) microbiológicos do clarificado sobre o programa químico efetuado no teste de jarros 01 na água de chiller 02.

ITEM art. 62	PARÂMETROS ANALISADOS	AMOSTRA 4	Unidades	Restrição do RIISPOA	Desvio em relação ao RIISPOA	Situação	AMOSTRA 5	Desvio em relação ao RIISPOA	Situação	Redução em relação ao efluente Bruto (AMOSTRA 4)
	Teste de Jarros	Não					Sim PAC			
	Exposição ultravioleta.	Não ocorreu exposição					Não ocorreu exposição			
a	M-09 Cont.Padrão Microrganismos Mesófilos aeróbios estritos e facult.viáveis 37C	10.000	UFC/100 ml	< 500 UFC/ml	1900%	Não atende RIISPOA está 19 vezes acima	20	- 96,00%	Atende RIISPOA	99,80%
		100	UFC/ml				0,2			
b	M-17 Contagem de Coliformes Termo tolerantes	30.000	NMP/100 ml	< 14 NMP/ml	214186 %	Não atende RIISPOA está 2141,86 vezes acima	110	686%	Não atende RIISPOA está 6.86 vezes acima	99,63%
		10 - 10 - 10	tubos posit. série de 10 e 1 e 0,1 ml da amostra;				10 - 5 - 4			

Na presente tabela podem-se observar os seguintes pontos:

- q) O efluente bruto apresentou valores acima dos padrões do SIF.
- r) A água clarificada oriunda do teste de jarros apresentou valores adequados para o item a, no entanto não satisfaz o item b e, portanto apenas o tratamento físico-químico não é suficiente para atender os parâmetros microbiológicos.

Tabela 35: Avaliação de resultados das Amostras 4 e 6 (água bruta e clarificado do teste de jarros com exposição há UV 30 segundos) análises microbiológicas do clarificado sobre o programa químico efetuado no teste de jarros 01 na água de chiller 02.

ITEM art. 62	PARÂMETROS ANALISADOS	AMOSTRA 4	Restrição do RIISPOA	AMOSTRA 6	Desvio em relação ao RIISPOA	Situação	Redução em relação ao efluente Bruto (AMOSTRA 4)	Unidades
	Teste de Jarros	Não		Sim PAC				
	Exposição ultravioleta.	Não ocorreu exposição		Exposição em 30 segundos				
a	M-09 Cont. Padrão Microorganismos Mesófilos aeróbios estritos e facult. viáveis 37C	10.000	< 500 UFC/ml	ausente	-	Atende RIISPOA	100,00%	UFC/100ml
		100		0				UFC/ml
b	M-17 Contagem de Coliformes Termo tolerantes	30.000	< 14 NMP/ml	40	186%	Não Atende RIISPOA	99,87%	NMP/100ml
		10 - 10 - 10		9 - 4 - 3				Tubos posit. série de 10 e 1 e 0,1 ml da amostra;

Na presente tabela podem-se observar os seguintes pontos:

- s) A água clarificada oriunda do teste de jarros apresentou valores adequados para o item a, no entanto não satisfaz o item b e portanto apenas o tratamento físico químico e a exposição por 30 segundos com a lâmpada Ultravioleta não é suficiente para atender os parâmetros microbiológicos.

Tabela 36: Avaliação de resultados das Amostras 4 e 7 (água bruta e clarificado do teste de jarros com exposição à UV 1 minuto) análises microbiológicas do clarificado sobre o programa químico efetuado no teste de jarros 01 na água de chiller 02.

ITEM do art. 62	PARÂMETROS ANALISADOS	AMOSTRA 4	Restrição do RIISPOA	AMOSTRA 7	Desvio em relação ao RIISPOA	Situação	Redução em relação ao efluente Bruto (AMOSTRA 4)	Unidades
	Teste de Jarros	Não		Sim PAC				
	Exposição ultravioleta.	Não ocorreu exposição		Exposição em 1 minuto				
a	M-09 Cont. Padrão Microorganismos Mesófilos aeróbios estritos e facult. viáveis 37C	10.000	< 500 UFC/ml	50	-90,00%	Atende RIISPOA	99,50%	UFC/100ml
		100		0,5				UFC/ml
b	M-17 Contagem de Coliformes Termo tolerantes	30.000	< 14 NMP/ml	170	1114%	Não atende RIISPOA está 11,14 vezes acima	99,43%	NMP/100ml
		10 - 10 - 10		10 - 7 - 4				Tubos posit. série de 10 e 1 e 0,1 ml da amostra;

Na presente tabela pode-se observar os seguintes pontos:

- t) A água clarificada oriunda do teste de jarros apresentou valores adequados para o item a, no entanto não satisfaz o item b e, portanto apenas o tratamento físico químico e a exposição por 1 minuto com a lâmpada Ultravioleta não é suficiente para atender os parâmetros microbiológicos.

Tabela 37: Avaliação de resultados das Amostras 4 e 7 (água bruta e clarificado do teste de jarros com exposição à UV durante 1 minuto) análises microbiológicas do clarificado sobre o programa químico efetuado no teste de jarros 01 na água de chiller 02.

ITEM art. 62	PARÂMETROS ANALISADOS	AMOSTRA 4	Restrição do RIISPOA	AMOSTRA 8	Desvio em relação ao RIISPOA	Situação	Redução em relação ao efluente Bruto (AMOSTRA 4)	Unidades
	Teste de Jarros	Não		Sim PAC				
	Exposição ultravioleta.	Não ocorreu exposição		Exposição em 3 minutos				
a	M-09 Cont. Padrão Microrganismos Mesófilos aeróbios estritos e facult. Viáveis 37C	10.000	< 500 UFC/ml	ausente	-100,00%	Atende RIISPOA	100,00%	UFC/100ml
		100		0				UFC/ml
b	M-17 Contagem de Coliformes Termo tolerantes	30.000	< 14 NMP/ml	ausente	-100%	Atende RIISPOA	100,00%	NMP/100ml
		10-10-10		0 - 0 - 0				Tubos posit. Série de 10 e 1 e 0,1 ml da amostra;

Na presente tabela pode-se observar os seguintes pontos:

- u) A água clarificada oriunda do teste de jarros apresentou valores adequados para o item a e o item b e, portanto apenas o tratamento físico químico e a exposição por 3 minutos com a lâmpada Ultravioleta é o suficiente para atender os parâmetros microbiológicos.

6.2.4 Avaliação química do teste de jarros 02.

Tabela 38: Avaliação de resultados analíticos do clarificado sobre o programa químico efetuado no teste de jarros 02 na água de chiller 02. PARTE A.

ITEM do art. 62	Itens avaliados conforme art. 62 do RIISPOA	Efluente Bruto	Unidades	Desvio em relação ao RIISPOA	Teste de Jarros 02	Unid.	Desvio em relação ao RIISPOA do teste de Jarros	Restrição do RIISPOA	Situação	Redução em relação ao efluente Bruto
d	Sólidos totais	1.911,00	mg/L ou ppm	282,20%	738,00	mg/L ou ppm	47,60%	< 500 ppm	Não atende RIISPOA estão 47,6% acima	61,38%
m	Cloro Livre	inferior a 0.01	mg/L ou ppm	-99,00%	inferior a 0.01	mg/L ou ppm	-99,00%	< 1 ppm	Atende RIISPOA	
m	Cloro residual	inferior a 0.01	mg/L ou ppm	-80,00%	inferior a 0.01	mg/L ou ppm	-80,00%	> 0,05 ppm	Não atende RIISPOA estão 80% abaixo	
m	Cloro residual Livre	inferior a 0.01	mg/L	não descrito no RIISPOA	inferior a 0.01	mg/L	não descrito no RIISPOA	não descrito no RIISPOA	não descrito no RIISPOA	
e	Nitrogênio Amoniacal	1,1	mg/L	-78,00%	26	mg/L	420,00%	< 0,005 g/l	Não Atende RIISPOA está 4,2 vezes acima	61,38%
		0,0011	g / litro	-78,00%	0,026	g / litro	420,00%			
f	Nitrogênio Nitrato	inferior a 0.01	mg/L	-99,50%	inferior a 0.01	mg/L	-99,50%	< 0,002 g/l nitrogênio	Atende RIISPOA	

		0,00001	g / litro	-99,50%	0,00001	g / litro	-99,50%	nítrico		
h	Matéria Orgânica	44,39	mg/L	2119,50 %	3,45	mg/L	72,50%	< 0,002 g/l matéria orgânica	Não Atende RIISPOA estão 72,5% acima	61,38%
		0,04439	g / litro	2119,50 %	0,00345	g / litro	72,50%			

Na presente tabela pode-se observar os seguintes pontos:

- v) Como o ensaio de teste de jarros não empregou micro bolhas de ar pode-se afirmar com grande tranqüilidade que com o emprego de flutuadores com sistemas de ar dissolvido se permite reduzir os 47.6% dos Sólidos Totais. O presente programa químico está com rendimento inferior na redução de sólidos em comparação ao teste de jarros 01 o que torna menos atrativo o emprego deste programa químico.
- w) O item m será atingido uma vez que com a reintrodução da água após o sistema de tratamento físico-químico e de germinação se efetuará dosagem de cloro dentro dos parâmetros exigidos pelo art. 62.
- x) O programa físico-químico não interferiu na presença do Cloro residual livre e, portanto este foi previamente reduzido dentro do chiller no seu emprego inicial.
- y) Os itens “e” e “h” estão bastante elevados que permite ratificar o fato da menor atratividade do programa químico do teste jarros 02, pois estes itens no programa químico do teste de jarros 01 atingiram as exigências do RIISPOA art. 62. Para solucionar este problema pode-se trabalhar com a redução sistemática do coagulante orgânico, mas corre-se o risco da perda da eficiência na redução do material flotado.

Tabela 39: Avaliação de resultados analíticos do clarificado sobre o programa químico efetuado no teste de jarros 02 na água de chiller 02. PARTE B.

ITEM art. 62	Itens avaliados conforme Art. 62 do RIISPOA	Efluente Bruto	Unidades	Desvio em relação ao RIISPOA	Teste de Jarros 02	Unidades	Desvio em relação ao RIISPOA do teste de Jarros	Restrição do RIISPOA	Situação	Redução em relação ao efluente Bruto
i	Dureza total (grau de dureza)	20	mg/L	0,00%	34	mg/L	70,00%	< 20 grau de dureza	Não atende RIISPOA estão 70% acima	-70,00%
j	Chumbo	inferior a 0.01	mg/L ou ppm	-90,00%	inferior a 0.01	mg/L ou ppm		< 0,1 ppm	Atende RIISPOA	
k	Cobre	inferior a 0.10	mg/L ou ppm	-96,67%	inferior a 0.10	mg/L ou ppm		< 3 ppm	Atende RIISPOA	
l	Zinco	inferior a 0.50	mg/L ou ppm	-96,67%	inferior a 0.50	mg/L ou ppm		< 15 ppm	Atende RIISPOA	
n	Arsênio	inferior a 0.01	mg/L ou ppm	-80,00%	inferior a 0.01	mg/L ou ppm		< 0,05 ppm	Atende RIISPOA	
o	Fluoretos	inferior a 0.10	mg/L ou ppm	-90,00%	inferior a 0.10	mg/L ou ppm		< 1 ppm	Atende RIISPOA	
p	Selênio	inferior a 0.01	mg/L ou ppm	-80,00%	inferior a 0.01	mg/L ou ppm		< 0,05 ppm	Atende RIISPOA	
q	Magnésio	1,92	mg/L ou ppm	6300,00%	6	mg/L ou ppm	19.900%	< 0,03 ppm	Não atende RIISPOA está 199 vezes acima	- 212,50%
r	Sulfatos	5	mg/L ou ppm	-50,00%	inferior a 0,01	mg/L ou ppm	-99,90%	< 0,010 g/l	Atende RIISPOA	61,38%
		0,005	g / litro	-50,00%	inferior a 0,00001	g / litro	-99,90%			
s	Fenóis	inferior a 0.001	mg/L ou ppm	-10,00%	inferior a 0.001	mg/L ou ppm	-10,00%	< 0,001 ppm	Atende RIISPOA	

Na presente tabela pode-se observar os seguintes pontos:

- z) O item i será atingido se houver emprego de um abrandador no processo uma vez que o programa químico empregado incorporou em 70% em referência aos valores de controle do Art. 62 do RIISPOA.
- aa) O item q também se encontra com valores elevados no efluente bruto típico da água de captação. O programa químico do teste de jarros triplicou (3.12 vezes mais magnésio que o observado no efluente bruto) sua presença na água alimentada. Podem-se oportunizar duas linhas de trabalho para solucionar a redução presencial deste componente químico: 1) Utilizar coagulantes isentos de magnésio 2) Emprego de abrandador com resinas de alta especificidade para o Magnésio.

Sobre as análises químicas não efetuadas ao rigor do art. 62:

Item “c” em função da avaliação sensorial obtida não foi observado nada divergente às exigências quanto à coloração, odor.

Item “f” em função da avaliação sensorial obtida não foi observado nada divergente às exigências quanto ao odor de nitrogênio nitroso e de sulfídrico em função deste aspecto não se efetuou a análise química correspondente.

6.3 Conclusões sobre o programa químico do teste de jarros

De acordo com as análises químicas é perfeitamente possível assegurar a viabilidade técnica de se reutilizar a água do chiller com reintrodução direta da água descartada pelo sistema de resfriamento de carcaças.

O teste de jarros 01 (o qual emprega programa químico não orgânico) apresenta o programa químico mais adequado para o estudo em questão exigindo-se apenas a introdução de abrandadores no fluxograma de tratamento para redução de dureza e magnésio que estiveram divergentes ao sistema testado. Portanto o processo de recuperação completa da água descartada do chiller de carcaça de frangos é perfeitamente viável tecnicamente de acordo com a metodologia proposta de forma a potabilizar e viabilizar as propriedades químicas e microbiológicas exigidas pela atual legislação e quesitos de fiscalização proposto pelo RIISPOA artigo 62 no qual o presente estudo foi testado.

Apêndice 03 – Dados Toxicológicos dos Contaminantes

7.1.1 Arsênio

(WHO, 1981 e MOORE, 1990)

O arsênio é um elemento raro com ciclo rápido através dos sistemas água, terra e ar. Ocorre na crosta terrestre em uma concentração média de 2 a 5 mg/kg, principalmente como complexos de sulfitos e óxidos. A produção mundial na década de 80 foi de 45 X 10³ toneladas métricas anuais. Os principais usos estão em inseticidas, rodenticidas, dessecante de plantas, detergentes e na indústria farmacêutica e têxtil.

Em corpos d'água o arsênio é predominantemente encontrado no sedimento. Sua distorção é controlada pelo pH, ferro total e carbonato de cálcio. Em ambientes reduzidos, e presença de oxihidróxidos de ferro e manganês dissolvidos o arsênio é liberado para a água subterrânea.

Efeitos agudos e subagudos de arsênio inorgânico podem envolver diversos órgãos incluindo o sistema respiratórios, gastrintestinal, cardiovascular nervoso e pele. Baixos níveis de ingestão (1 a 10 mg/L) em grandes períodos, podem levar a um quadro de toxicidade aguda. Envenenamento agudo é caracterizado por efeitos no sistema central, levando a coma e eventual morte. O As³⁺ inorgânico é metilado no fígado da maioria dos mamíferos e o As⁵⁺ antes de ser metilado é reduzido no sangue.

Aproximadamente 70% do arsênio ingerido são excretado pela urina, tendo uma meia vida de 10 a 30 hs. Intoxicação crônica resulta em desordens neurológicas, fraqueza muscular, perda de apetite, náuseas, hiperpigmentação e queratoses. Exposição ocupacional são reportados em fundições, onde o alto nível de arsênio inorgânico encontrado no ar, pode provocar lesões nas membranas mucosas do sistema respiratório, incluindo perfurações do septo nasal.

Quanto à carcinogenicidade, o arsênio inorgânico é classificado no grupo 1, inadequada evidência em animais e suficientes evidências humanas. Há substancial evidência epidemiológica de carcinogenicidade respiratória em associação com exposição a arsênio inorgânico durante a fabricação de inseticidas. Também pode causar câncer de pele. Isto tem sido observado, acompanhando a absorção do arsênio pela ingestão de água ou drogas.

Em mamíferos ele é prontamente transportado para o feto, podendo apresentar efeitos teratogênicos e ser letal ao feto. Vários estudos indicam que o arsênio inorgânico afeta os mecanismos de reparo do DNA.

Muitas nações adotam como padrão de potabilidade a recomendação da Organização Mundial de Saúde, de 0,05 mg/L. Este padrão não considera o potencial de efeitos carcinogênicos, projetando um possível aumento de 2,5 casos de câncer de pele por milhão.

7.1.2 Chumbo Inorgânico

CAS N^o.: 7439-92-1 (165 – WHO, 1995 e MOORE, 1990)

O chumbo ocorre na crosta terrestre em uma concentração média de 15 mg/kg. A produção mundial na década de 80 foi de 3100 x 10³ toneladas métricas anuais. É usado para a produção de baterias, pigmentos e químicos. Está presente no combustível fóssil, embora a partir da década de 80 sua concentração diminuiu drasticamente.

O chumbo é emitido para a atmosfera em grande quantidade em área urbana por incineração de resíduos e descarga de efluentes. Uma fonte elevada de chumbo provém de resíduos metalúrgicos/sucata.

Concentrações atmosféricas de 50 pg/m³ têm sido encontradas em áreas remotas. Em áreas urbanas próximas a siderúrgicas tem sido reportada concentração de 10 µg/m³, enquanto que em cidades, onde o chumbo não é adicionado à gasolina, a concentração está abaixo de 0,2 µg/m³. Níveis naturais no solo variam entre 10 e 70 mg/kg e a média em solos próximos a estradas é de 138 mg/kg.

Na água seu teor raramente ultrapassa poucos miligramas por litro. A concentração natural em águas superficiais está estimada em 0,02 µg/L. Na água potável, as concentrações estão usualmente abaixo de 5 µg/L, porém, se o encanamento residencial contiver chumbo, a concentração pode chegar a 100 µg/L. Forma, na água, complexos pouco solúveis com muitos ânions, incluindo, hidróxidos, carbonatos, sulfitos e sulfatos, além de ácidos húmicos e fúlvicos. A sorção ao sedimento tem papel chave em sua dinâmica ambiental. Preferencialmente se adere às frações de menores tamanhos. A desorção é um processo lento. A presença de cobre e zinco e outros metais retardam sua absorção.

O chumbo inorgânico pode ser metilado para diversas formas orgânicas. É encontrado em altas concentrações em plantas aquáticas que crescem em corpos d'água que recebem rejeitos industriais ou de minerações.

De uma maneira geral, para a população adulta não fumante, a principal via de exposição é pela ingestão de alimentos e água. Para crianças, as principais vias são alimento, água, ar, poeira e solo.

A absorção no ser humano via inalação varia de 4 a 200 µg/dia.

O efeito agudo geralmente é restrito a exposição ocupacional. Os primeiros sintomas são fadiga, anemia e desordens neurológicas. A anemia é decorrência de sua ação negativa sobre a síntese de hemoglobina. Este sintoma foi observado em crianças que absorveram 40 µg/L/dia. Dependendo do nível e duração da exposição, o chumbo pode resultar em uma variedade muito grande de efeitos, desde efeitos subcelulares a mau funcionamento geral do corpo, de inibição de enzimas a mudanças morfológicas e a morte. As crianças são, geralmente, mais sensíveis do que os adultos. Segundo Landrigam (1988 apud MOORE 1990) o adulto absorve 10 % de chumbo que passa pelo trato digestivo, enquanto que crianças absorvem 50%, sendo a maior parte retida e acumulada no esqueleto, apresentando meia-vida de 20 anos.

Os efeitos crônicos produzem sintomas de perda de apetite, constipação, anemia, fraqueza, cólicas e dores musculares e nas juntas. Os efeitos incluem,

hipertensão, disfunção renal, mau formações congênitas, diminuição da quantidade de espermas e danos ao sistema nervoso periférico, afetando principalmente a camada de mielina das fibras motoras. Quando o chumbo afeta o sistema nervoso central, as crianças também são mais susceptíveis que os adultos. O efeito sobre o coração é indireto, pois o chumbo atua no sistema nervoso autônomo. Não há indícios de carcinogenicidade para seres humanos.

Aparentemente o valor de 0,05 mg/L como padrão de potabilidade providência adequada proteção aos consumidores. Entretanto, recentes estudos indicam que uma tolerância de 3 mg/semana é alta, e que o padrão deveria ser reduzido para 0,02 mg/L.

7.1.3 Cobre

CAS Nº.: 7440-50-8 (MOORE, 1990)

O cobre ocorre na crosta terrestre em uma concentração média de 50 mg/kg. A produção mundial de cobre na década de 80 foi de 7660 x 10³ toneladas métricas anuais. Na indústria é utilizado para fiação elétrica, galvanização, produção de ligas, conservante de pintura, em construção e tubulações hidráulicas. Na forma de sulfato de cobre é usado como algicida e fungicida.

Na água, o cobre total é detectado em baixas concentrações, geralmente inferior a 0,020 mg/L. Por causa de sua ter forte afinidade a argilas, óxidos de ferro e manganês, e materiais carbonatados, a concentração em sedimentos é geralmente elevada. Na água o fator de concentração sedimento/água típico excede 100. Quando o pH está em torno do neutro, a maioria do cobre inorgânico da solução está complexado com carbonatos, nitratos, sulfatos e cloretos. Em algumas águas, mais de 90% pode estar aderido a ácidos húmicos. A concentração em plantas aquáticas é tipicamente abaixo de 10 mg/kg de peso seco, exceto perto de fontes de poluição onde já foi encontrado valores acima de 100 mg/kg.

No caso de seres humanos, o alimento contribui com pelo menos 78% do total de cobre ingerido diariamente, seguido pelo consumo de água. A inalação e

absorção dermal são geralmente desprezíveis, mesmo em exposição ocupacional. Existem poucos casos reportados para efeitos agudos. O principal sintoma após a ingestão é a queimação epigástrica, náuseas, vômitos e diarreia. Podem ocorrer lesões no trato gastrointestinal e indução de anemia hemolítica. A inalação de cobre produz sintomas similares a silicose e dermatites de contato. Efeito crônico é raramente reportado, exceto para portadores do Mal de Wilson, doença congênita que provoca acúmulo de cobre no fígado, cérebro e rim resultando em anemia hemolítica, anormalidades neurológicas e córnea opaca. Em relação à carcinogenicidade, o cobre é classificado como grupo D, informações inadequadas humanas e em experimentos com animais. Muitas nações usam como limite máximo na água, para proteção à saúde humana, 1,0 mg/L.

Utilizando-se estudos toxicológicos, ou seja, os valores de LOAEL para homens e animais e 2 como fator de incerteza resulta-se no valor para água potável de 1,3 mg/L.

7.1.4 Selênio

CAS No: 7782-49-2

(58 – WHO, 1984 e MOORE, 1990)

O selênio ocorre na crosta terrestre em uma concentração média de 0,1 mg/kg. A produção mundial é relativamente baixa de $1,5 \times 10^3$ toneladas métricas anuais. É usado principalmente em células fotoelétricas, produção de vidro e cerâmica, retíficas e produção de ligas metálicas e borracha. Em menor aplicação, também é utilizado em inseticidas e agentes terapêuticos de uso utópico. Dados atmosféricos, obtidos na calota polar, no oceano atlântico e áreas com poucas atividades humanas, sugerem que a média no ar, advindo de fontes naturais do solo, é menor do que $0,04 \text{ ng/m}^3$, exceto próximo a atividades vulcânicas.

Sob condições naturais, sua concentração em águas geralmente varia de 0,3 a 3 $\mu\text{g/L}$. As propriedades organolépticas da água podem ser afetadas a partir de concentrações de 10 a 25 $\mu\text{g/L}$ (odor). Águas superficiais apresentam níveis de

selênio menores do que as encontradas nas águas subterrâneas. Um estudo em Nebraska (USA), encontrou águas com altas concentrações de selênio, onde um terço dos 161 poços amostrados continham mais de 10 µg/L e aproximadamente 4% acima de 100 µg/L.

Na água a maior parte do selênio está em complexos orgânicos, como resultante de sorções em partículas biogênicas e metilações. Em condições redutoras (ambientes anóxicos) ele é remobilizado para a coluna d'água. Em condições oxidantes e alcalinas há um favorecimento da formação de selenatos, que são solúveis e facilmente transportados.

A principal via de exposição humana não ocupacional é através dos alimentos. A ingestão típica é de 20 a 300 µg/dia. Para exposição ocupacional a principal via é a inalação e em alguns casos, contato dermal. Os sinais de toxicidade mais marcantes documentados é a queda de cabelos e problemas nas unhas. Enfraquecimento de dentes também tem sido associado ao excesso de selênio na dieta. Exposição industrial freqüentemente resulta em respostas alérgicas e/ou de irritação, primeiramente nas mucosas e olhos (Carson et al, 1987 apud MOORE, 1990). Efeitos crônicos são raros.

Não há dados conclusivos sobre a sua carcinogenicidade ao homem. Alguns casos de câncer estão ligados à deficiência de selênio.

7.1.5 ZINCO

(MOORE, 1991)

CAS N^o.: 7440-66-6

O zinco ocorre na crosta terrestre em uma concentração de 70 mg/kg. A produção mundial é aproximadamente de 7000 x 10³ toneladas métricas por ano. O maior uso do zinco é para revestimento de proteção do ferro e aço e fabricação de ligas e latão.

Aproximadamente 34% do total emitido de zinco na atmosfera são de fonte natural, o restante tem origem em produção do metal, queima de carvão e óleo, fertilizantes e produção de cimento.

Em água potável no Rio de Janeiro a concentração variou de 0,007 a 0,32 mg/L (Azaue et al, 1988 apud MOORE, 1990).

Em condições aeróbias, Zn^{+2} é espécie predominante para pH ácido. Em condições anaeróbias, forma ZnS entre pH 1 a 14. O zinco se adere rapidamente a muitos ligantes orgânicos, principalmente na presença de compostos de nitrogênio e enxofre doadores de átomos.

Em plantas aquáticas, em áreas não poluídas a concentração de zinco varia entre 5 e 35 mg/kg (peso seco). Em áreas poluídas, junto à mineração, Mason e Macdonald (1988 apud MOORE 1990), encontraram em musgo concentração de 2810 mg/kg.

A principal via de exposição humana é a ingestão. A inalação é uma fonte insignificante para exposição não ocupacional. Ingestão superior à 72g de Zn produz sintomas de febre, diarreia, vômitos e outras irritações gastrintestinais. Em exposição ocupacional os trabalhadores podem mostrar distúrbios gastrintestinais e disfunções do fígado. O zinco não é considerado carcinogênico.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AGUILAR, M.I.; SÁEZ, J.; LLORÉNS, M.; SOLER, A.; ORTUÑO, J. F. (2002). **Nutrient removal and sludge production in the coagulation – flocculation process**. Water Research.

Albisu Y. **Fotoprotección**. *Pediatría Integral*. 1997; 2:327-334

AMERICAN PUBLIC HEALTH ASSOCIATION. **Standard methods for the examination of water and wastewater**. 19.ed. Washington: 1995.

APHA. **Standard methods for the examination of water and wastewater**. 20 ed. Baltimore, Maryland: American Public Health Association (APHA), American Water Works Association (AWWA), Water Environment Federation (WEF), 1998.

APHA **Standard methods for the examination of water and wastewater**. 20 ed. Washington DC. Clesceri, L.S.; Greenberg, A.E.; Eaton, A.D.; Franson, M.A.H. (Ed.), 1998. p. 9.47-9.55.

ANA, Tercio Dal' Col Sant', OLIVEIRA, Fabrícia Fafá de , NETO, José Venâncio dos Santos, ZANDONADE, Eliana, KELLER, Regina, GONÇALVES, Ricardo Franci, **INFLUÊNCIA DO TEMPO DE FUNCIONAMENTO DAS LÂMPADAS UV NA EFICIÊNCIA DE REATORES DE DESINFECÇÃO DE ESGOTO SANITÁRIO POR RADIAÇÃO ULTRAVIOLETA** 22º Congresso Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental, 2003 - Joinville - Santa Catarina

ANDRADE, F. (2003). **Remoção de Cor de Efluentes Têxteis com Tratamento de Lodos Ativados e um Polieletrólito Orgânico**. *Dissertação* (Mestrado em Engenharia Sanitária e Ambiental). Curso de Pós-Graduação em Engenharia sanitária e Ambiental, UFSC, Florianópolis.

ANDRADE, N.J. **O uso de compostos clorados na indústria de laticínios**. *Informe Agropecuário*, Belo Horizonte, v.13, n.155, p.48-52, 1988.

ANVISA - Agência Nacional de Vigilância Sanitária. **Portaria nº. 326, de 30 de julho de 1997**. Disponível em: < <http://e-legis.anvisa.gov.br/leisref/public/showAct.php> >. Acesso em: 20 fev. 2008.

ANVISA - Agência Nacional de Vigilância Sanitária. **Resolução RDC nº. 12, de 02 de janeiro de 2001. Aprova o Regulamento Técnico sobre padrões microbiológicos para alimentos**. Disponível em: < <http://e-legis.bvs.br/leisref/public/showAct.php?id=144> >. Acesso em: 20 fev. 2008.

AZEVEDO NETTO, Jose Martiniano de. **Técnica de abastecimento e tratamento de água** 2v. 2. ed. Sao Paulo: CETESB; ASCETESB, 1976.

AYOUB, G. M. A. (1996). **A model for flocculation in a gravel reactor: development and assessment**. *J. Water SRT –Aqua*. V. 45, n.2, p. 76-83.

BAUMANN, E. R. (1971). **Water quality and treatment –a handbook of public water supplies**. 3th ed. AWWA. McGraw –Hill.

BELLO, L. Água: a Mais Importante Commodity do Século XXI. **Banas Ambiental**. São Paulo, p.34-42, out. 2000.

BIGGS, S.; HABGOOD, M.; JAMESON, G. L.; YAN, Y. (2000). **Aggregate structures formed via a bridging flocculation mechanism**. Chemical Engineering Journal 80, p. 13-22.

BILOTTA, P. **Inativação de indicadores patogênicos em sistemas combinados de tratamento e pré-desinfecção de esgoto sanitário**. 2006. 136 f. Tese (Doutorado em Engenharia Civil – Hidráulica e Saneamento) – Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos.

BOURROUL, GUILHERME. **O preço da refrigeração**. In: Revista Nacional da Carne, n.357, p. 36-44, novembro de 2006.

CAPOBIANCO, J.P.R. **Ética no Uso de Água**. Banas Ambiental. São Paulo, p.38, ago. 1999.

CARDOSO, M. (2003). **Efeito do tipo de coagulante na produção de lodo de estação de tratamento de água**. Dissertação de Mestrado. Engenharia Ambiental – Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis.

CARREIRA, M.F.. (2006). **Sistemas de tratamento de efluentes têxtil-análise comparativa entre as tecnologias usadas no Brasil e na Península Ibérica**. Tese (Doutorado em Engenharia de Produção). Curso de Pós-Graduação em Engenharia de Produção, UFSC, Florianópolis.

CENTRO PANAMERICANO DE INGENIERÍA SANITARIA Y CIENCIAS DEL AMBIENTE (CEPIS). **Filtración rápida – Manual II – Criterios de selección**. Perú: CEPIS/OPAS, 1992. 79 p.

CORSON, W.H. **Manual Global de Ecologia**. Augustus ed.,1993.

CUBAS, A. L. Y. (1999). **Floculação em meio granular expandido**. Dissertação de Mestrado. Engenharia Ambiental –Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis.

CUSTODIO, E. & LLAMAS, M. R. **Hidrología Subterránea**. 2 tomos. Barcelona: Omega,1976. 2359p.

DANIEL, L. A; BRANDÃO, C.C.S; GUIMARAES, J.R; LIBANEO, M; LUCA, S.J; **Métodos alternativos para desinfecção de águas de abastecimento, 2000**. Revista de Engenharia sanitária e ambiental, v.5, n.1 e n.4, p. 103-108

DI BERNARDO, L. (1993). **Métodos e técnicas de tratamento de água**. ABES, v.1, Rio de Janeiro.

DI BERNARDO, L. **Métodos e técnicas de tratamento de água**. v. II. Rio de Janeiro: ABES, 1993.

DI BERNARDO, L. **Tratamento de água para abastecimento por filtração direta. PROSAB** São Carlos SP, ABES, 2003.

EDWARDS, G. A.; AMIRTHARAJAH, A. (1985). **Removing color caused by humic acids.** J. AWWA, v.77, n.3, p.50-57.

EEC – EUROPEAN ECONOMIC COMMUNITY (2001). **Water quality in European Union.** <http://www.europa.eu.int/water/water-urbanwaste/directive.html>.

EEC – EUROPEAN ECONOMIC COMMUNITY (2001). DIRETIVA 98/83/CE DO CONSELHO de 3 de Novembro de 1998 relativa à qualidade da água destinada ao consumo humano. Site Acessado em 16 março de 2008: <http://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=CELEX:31998L0083:PT:HTML>.

ENTRY, J. A.; SOJKA, R.E.; WATWOOD, M.; ROSS, C. (2002). **Polyacrylamide preparations for protection of water quality threatened by agricultural runoff contaminants.** Environment Pollution 120, p. 191-200.

ERNEST, A. N.; BONNER, J. S.;AUTENRIETH, R. L. (1995). **Determination of particle collision efficiencies for flocculent transport models.** Journal of Environmental Engineering. V. 121, N.4, P. 320-329.

FERREIRA, S. S. F. (1997). **Comportamento químico do alumínio e do ferro em meio aquoso e implicações no tratamento de água.** Sanare, p. 50-58.

FRANÇA, S. C. A. (2003). **Utilização do processo de flotação por ar dissolvido no tratamento de efluentes da indústria minero-metalúrgica.** Relatório Técnico, CETEM/MCT, p. 23.

FROELICH, P. N. **Analysis of organic carbon in marine sediments.** Limnology and Oceanography, v. 25, p. 564-572, 1980.

GALVÃO, J.B.Filho. **Meio ambiente : Aspectos Técnicos e Econômicos.** Rio de Janeiro, IPEA: Brasília, IPEA/PNUD, 1990.

GHANDI, G. (2005). **Tratamento e controle de efluentes industriais.** P.5-46.
GAUDETTE, H. E.; FLIGHT, W. R.; TONER, L.; FOLGER, D. W. **An inexpensive titration method for the determination of organic carbon in recent sediments.** Journal of. Sedimentary Petrology, v. 44, p. 249-253, 1974.

GONÇALVES, R.F. **Desinfecção de efluentes sanitários,** 2003,Brasil, p. 3

GRABOW W. **Waterborne diseases: update on water quality assessment and control.** Water S. A., v.22, n.2, p.193-202. 1996.

GROSS, M. G. Carbon determination. In: CARVER, R. E. (ed.) **Procedure in sedimentary petrology.** New York: Wiley-Interscience, 1971. Cap. 25, p. 573-596.

GUIMARÃES, G. A.; BASTOS, J. B.; LOPES, E. C. **Métodos de análise física, química e instrumental de solos**. Vol. 1, n. 1. Belem: IPEAN, 1970. 112p.

ISAAC-MARQUEZ A. P.; LEZAMA-DAVILA C. M.; KUPECH P. P.; TAMAY-SEGOVIA P. **Calidad Sanitaria de los Suministros de Agua para Consumo Humano en Campeche**. Salud Pública Méx, v.36, n.6, p.655-661, nov./dez. 1994.

HENRIQUES, António G., WEST, Cristina A., PIO, Simone, **DIRECTIVA QUADRO DA ÁGUA UM INSTRUMENTO INTEGRADOR DA POLÍTICA DA ÁGUA DA UNIÃO EUROPEIA**, Publicado no Congresso da água ano 2000,2000.

HAGLER, A. N.; HAGLER, L. C. S. M. Microbiologia sanitária. In: ROITMAN I.; Travassos L.R.; Azevedo, J.L. (ed.). **Tratado de microbiologia**. São Paulo: Manole, 1988. cap. 8, p. 83-102.

HASSEMER, M. E. N. (2000).**Tratamento de efluente têxtil –processo físico-químico com ozônio e floculação em meio granular**. Dissertação de Mestrado. Engenharia Ambiental. Universidade Federal de Santa Catarina. Florianópolis.

JUNIOR, Ícaro Moreno, Dissertação OBTENÇÃO DO GRAU DE MESTRE EM CIÊNCIAS, UMA EXPERIÊNCIA DE GESTÃO DE RECURSOS HÍDRICOS: **A IMPLANTAÇÃO DE UMA PROPOSTA PARA O ESTADO DO RIO DE JANEIRO**, RJ, 2006, Universidade Federal do Rio de Janeiro,COPPE

YOON, R. F. (1999). **Bubble particle interactions in flotation**. S. M. F., p. 95-112.

KAWAMURA, S. **Integrated design and operation of water treatment facilities**. 2. ed. EUA: John Wiley & Sons, 2000. 691 p.

KAGEYAMA, A.A.; GRAZIANO DA SILVA, J. Produtividade e emprego na agricultura brasileira. In: BELLUZZO, L. G.; COUTINHO, R. (Org.). **Desenvolvimento capitalista no Brasil: ensaios sobre a crise**. São Paulo: Brasiliense, 1983. v.2, p.192-222.

KAWAMURA, S. (1997). **Optimisation of basic water-treatment processes – design and operation: coagulation and flocculation**. Aqua. V. 45, n.1, p.35-47.

KENNETH, J. IVES, **The Scientific Basis of Flotation**, Nato ASIS Series Advanced Science Institute Series, Cambridge England 1984.

LANDGRAF, M. Microrganismos Indicadores. In: FRANCO, B. D. G. M.; LANDGRAF, M. **Microbiologia dos alimentos**, São Paulo: Atheneu, 1996. cap. 3, p. 27-31.

LAZAROVA, V. et al. **Advanced wastewater disinfection technologies: state of the art and perspectives**. Water Science Technology, v. 40, n. 4-5, p. 203-213, 1999.

LEME, F. P. (1990). **Teorias e técnicas de tratamento de água**. ABES, Rio de Janeiro.

LEONG, L. S. & TANNER, P. A. **Comparison of methods for determination of organic carbon in marine sediment.** Marine Pollution Bulletin, v. 38, p. 875-879, 1999.

LEVINGER, B. School feeding, school reform, and food security: connecting the dots. **Food Nutrition Bulletin**, v.26, p.170-178, 2005.

LIMA, A. W. O.; SOUSA, C. P. Infecções e intoxicações alimentares. In: **Aspectos da ciência e tecnologia de alimentos**. 1 ed. João Pessoa, PB: Nova Idéia, 2002, v. 1, p. 175-199.

MARECOS DO MONTE, M. H. (1996). **Bases para o estabelecimento de uma diretiva relativa a utilização de águas residuais para rega.** In: CONGRESSO DA ÁGUA, 3, Lisboa, ABCP. Anais 11p.

MACÊDO, J. A B. de , -**Águas & Águas** – Juiz de Fora/MG: Ortofarma, 2000. 505 p. : il. ; 3 cm –jmacedo@fbio.ufjf.br

MATIOLO, E. ; RUBIO, J. (2003). **Flotação avançada para o tratamento e reaproveitamento de águas poluídas.** XIX Prêmio Jovem Cientista –Água: fonte de vida.

MCCONHACHIE, G. L.; FOLKARD, G. K.; MTAWALI, M. A.; SUTHERLAND, J. D. (1999). **Field trials of appropriate hydraulic flocculation processes.** Water Research v. 33, n.6, p.1425-1434.

METCALF; EDDY (1995). **Wastewater Engineering: treatment disposal and reuse.** MCGRAW Hill, New York.

NBR-13.969/97 - ABNT - **Tanques sépticos - Unidades de tratamento complementar e disposição final dos efluentes líquidos - Projeto, construção e operação** – ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS

NOVAES, R. **Água: o Que a Falta é Qualidade.** Banas Ambiental. São Paulo, p.10-19, ago. 1999.

NUNES, José Alves, **Tratamento Físico-Química de Águas Residuárias Industriais**, 3ª Edição, Sergipe,2001.

OPAS. **Guias para la calidad del agua potable.** Washington, D.C.,1987. Anexo 3, p. 76-83, v. 3.

PAREKH, B. K.; MILLER, J. D. (1999). **Advances in flotation technology.** P. 558.

PAVANELLI, G. (2000). **Eficiência de diferentes tipos de coagulantes na coagulação, floculação e sedimentação de água com cor e turbidez elevada.** Dissertação de Mestrado. Escola de Engenharia de São Carlos. Universidade de São Paulo. São Carlos.

PELCZAR Jr., M. J.; CHAN, E. C. S.; Krieg, N. R. **Microbiologia: conceitos e aplicações**. 2.ed. São Paulo: Makron Books, 1996. v.2.

PHILLIPS, R. **Sources and applications of ultraviolet radiation**. New York: Academic Press, 1983.

PORTARIA MS N.º 518/2004, PORTARIA N.º. 518/GM EM 25 DE MARÇO DE 2004. Publicado no Diário Oficial da União de 26 de março de 2004. Art. 2º do Decreto n.º. 79.367, de 9 de março de 1977,

PORTARIA N.º 210 DE 10 DE NOVEMBRO DE 1998, PUBLICADO NO DIÁRIO OFICIAL DA UNIÃO DE 26/11/1998, SEÇÃO 1,PÁGINA 226.

Proposta de Diretiva do Conselho que estabelece um **Quadro de ação Comunitária no domínio da política da água** COM(97) 49 final – 97/0067 (SYN) (submetido pela Comissão em 15 de Abril de 1997), Jornal Oficial das Comunidades Europeias n.º. C 184/20, 17.6.97.

REIFF, F. M.; WITT, V. M. **Manual de desinfección. Guías para la selección y aplicación de las tecnologías de desinfección del agua para consumo humano en pueblos pequeños y comunidades rurales en América Latina y El caribe**. Washington, D.C.: Opas/OMS, 1995, 227 p. (División de Salud y Ambiente. Serie Técnica, 30.)

RESOLUÇÃO N.º. 54, DE 28 DE NOVEMBRO DE 2005 – **Estabelece critérios gerais para reuso de água potável**. Publicada no DOU em 09/03/06

Resolução do Parlamento Europeu (1ª Leitura) - **Proposta e propostas alteradas de Diretiva do Conselho que estabelece um quadro de ação Comunitária no domínio da política da água** (COM(97) 49 final – C4- 0192/97, COM(97)0614 – C4-0120/98 e COM(98)0076 – C4-0121/98 – 97/0067 (SYN)), Jornal Oficial das Comunidades Europeias n.º. C 150/390, 28.5.1999.

RIISPOA - **REGULAMENTO DA INSPEÇÃO INDUSTRIAL E SANITÁRIA DE PRODUTOS DE ORIGEM ANIMAL**, MINISTÉRIO DA AGRICULTURA, PECUÁRIA E ABASTECIMENTO. MAPA. Disponível em: www.agricultura.gov.br. Acesso em: 12 dez. 2007.

RICHTER, C.A.; AZEVEDO NETTO, J. (1991). **Tratamento de água**. Tecnologia atualizada. EDGARD BLÜCHER, São Paulo.

ROSA, J. J.; **Tratamento de Efluentes Oleosos por Flocculação Pneumática em Linha e Separação por Flotação; Tese de Doutorado**, 2001, PPGEM – UFRGS.

ROSA, J. J.; RUBIO, J. (2005). **The FF (flocculation – flotation) process**. Minerals Engineering 18, 701-707.

RUBIO, Jorge, TABOSA, Érico Oliveira, **TRATAMENTO E REUSO DAS ÁGUAS DE LAVAGEM DE VEÍCULOS** Universidade Federal do Rio Grande do Sul, XIX Prêmio Jovem Cientista – 2003 – Água - Fonte da Vida

RUBIO, J.; SOUZA, M. L.; SMITH, R. W. (2002). **Overview of flotation as a wastewater treatment technique**. Minerals Engineering, 15, p. 139-155.

SANTOS FILHO, F. (1973). **Tecnologia de tratamento de água para a indústria**. Nobel. São Paulo.

SENA, R. F. (2005). **Avaliação da biomassa obtida através do processo de flotação de efluentes da indústria de carnes para a geração de energia**. Dissertação de Mestrado Engenharia Química. Universidade Federal de Santa Catarina. Florianópolis.

SETTI, M. do C. B. de C. S. (1995). **Reuso de água – condições de contorno**. São Paulo, Dissertação de Mestrado - Escola Politécnica, Universidade de São Paulo.

SPERLING, Marcos Von. **Introdução à qualidade das águas e ao tratamento de esgotos**. 2 ed. Belo Horizonte: Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental; Universidade Federal de Minas Gerais; 1996.

SPOSITO, G. **The chemistry of soils**. New York: Oxford University Press, 1989. 277p.

SRIVASTAVA, V. C.; MALL, I. D.; MISHRA, I. M. (2005). **Treatment of pulp and paper mill wastewaters with poly aluminum chloride and bagasse fly ash**. Colloids and Surfaces 260, 0. 17-28.

SKOOG, D. A.; WEST, D. M.; HOLLER, F. J. **Analytical chemistry**. 6. ed. Saunders College Pub., 1994.

STRICKLAND, J. D. H. & PARSONS, T. R. **A practical handbook of seawater analysis**. Ottawa: Fisheries Research Board of Canada, Bull. 167, 1972.

SUGUIO, K. **Introdução à Sedimentologia**. São Paulo: Edgard Blücher, 1973. 317p.

TAMBOSI, J. L.. (2005). **Remediação de Efluentes da Indústria de Papel e Celulose por Processos Oxidativos Avançados e Coagulação Férrica**. Dissertação (Mestrado em Engenharia Química). Curso de Pós-Graduação em Engenharia Química, UFSC, Florianópolis.

TARRÁN, Elio Pietrobon. **Desinfección Por Luz Ultra Violeta. Agua Latinoamérica, Volumen 2** - Número 2, 1 de Marzo de 2002, Páginas 1-4

THOMAS, D. N.; JUDD, S. J.; FAWCETT; N. (1999). **Flocculation modeling: a review**. Water Research. V. 33, n.7, p. 1579-1592.

TESSELE, F.; ROSA, J.J.; RUBIO, J. (2004). **Os avanços da flotação no tratamento de águas, esgotos e efluentes**. *Saneamento Ambiental*, n. 102, p. 30-42.

Tsai L-S, Schade JE, Molyneux BT. **Chlorination of poultry chiller water: chlorine demand and disinfection efficiency**. *Poultry Science* 1992; 71(1): 188-196.

U. S. ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY – EPA. **Design manual: Municipal Wastewater Disinfection**. EPA/625/1-86/021, Office of Research and Development, Water Engineering, Research Laboratory, Center for Environmental Research Information, Cincinnati, OH, 1986. 247p.

Versões Compiladas do **Tratado da União Européia e do Tratado que Institui a União Européia**, com as alterações introduzidas pelo Tratado de Amsterdã, assinado a 2 de Outubro de 1997.

VOGEL, A. I. **Química Analítica Quantitativa**. Vol. 1. Buenos Aires: Editora Kapelusz, 1960. 812p.

ZOUBOLIS, A. I.; MATIS, K. A.; STALIDIS, G. A. (1992) **Flotation techniques in waste water treatment**. *Innovation in flotation technology*, p. 475 -497.

WALKLEY, A. & BLACK, I. A. **An examination of the Degtjareff method for determining soil organic matter and a proposed modification of the chromic acid titration method**. *Soil Science*, v. 37, p. 29-38, 1934.

WAKEMAN, R. J.; TARLETON, E. S. (1999). **Filtration: equipment selection, modeling and process simulation**. Elsevier Science. New York. p. 446.

WATRAS, C. J.; HUCKABEE, J. W. (1994). **Mercury Pollution Integration and Synthesis**. 1th ed. Boca Raton. Lewis.

WHO. **Assessing human health risks of chemicals: derivation of guidance values for health based exposure limits**. Geneve: WHO, 1994. 73p. (Environmental health criteria 170)

———. **Guidelines for drinking-water quality**. 2 ed., v. 1, Geneve : WHO, 1993. 198p.

———. **Principles for safety assessment of food additives and contaminants in food**. Geneve: WHO, 1987. 174p. (Environmental health criteria 70)

WORLD HEALTH ORGANIZATION. **Water, sanitation and hygiene links to health: Facts and figures updated November 2004**. Disponível em:<http://www.who.int/water_sanitation_health/dwq/en/>. Acesso em: 20 jun. 2007.