

# POTENCIALIDADE DA UTILIZAÇÃO DE RESÍDUOS ORGÂNICOS REMOVIDOS POR FLOTAÇÃO DE EFLUENTES LÍQUIDOS DE INDÚSTRIAS DE ALIMENTOS COMO FONTE DE NUTRIENTES PARA BOVINOS.

DEDALUS - Acervo - EESC



31100008586

Eng<sup>a</sup>. Lienne Carla Pires

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

ORIENTADOR: Prof. Dr. José Roberto Campos

São Carlos  
2000



Class.	TESE - EESC
Out.	4511
Tombo	067/00

31100008582

S/S 10 34872

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

P667p Pires, Lienne Carla  
Potencialidade da utilização de resíduos orgânicos  
removidos por flotação de efluentes líquidos de  
indústrias de alimentos como fonte de nutrientes para  
bovinos / Lienne Carla Pires. -- São Carlos, 2000.

Dissertação (Mestrado) -- Escola de Engenharia de  
São Carlos-Universidade de São Paulo, 2000.

Área: Hidráulica e Saneamento.

Orientador: Prof. Dr. José Roberto Campos.

1. Reuso. 2. Lodo. 3. Industrial. 4. Conservas.
5. Laticínios. 6. Flotação por ar dissolvido.
7. Alimentação animal. I. Título.

## FOLHA DE APROVAÇÃO

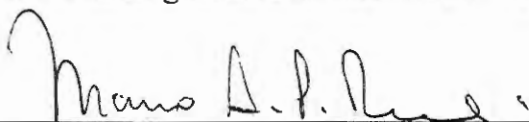
Candidata: Engenheira **LIENNE CARLA PIRES**

Dissertação defendida e aprovada em 14.01.2000  
pela Comissão Julgadora:



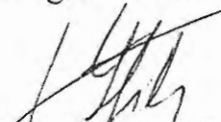
---

Prof. Tit. **JOSÉ ROBERTO CAMPOS (Orientador)**  
(Escola de Engenharia de São Carlos – Universidade de São Paulo)



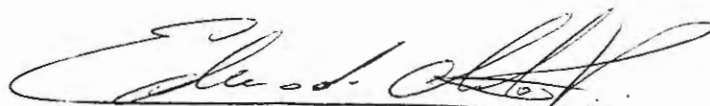
---

Prof. Dr. **MARCO ANTONIO PENALVA REALI**  
(Escola de Engenharia de São Carlos – Universidade de São Paulo)



---

Dr. **ALIOMAR GABRIEL DA SILVA** (Pesquisador)  
(EMBRAPA)



---

Prof. Assoc. **EDUARDO CLETO PIRES**  
Coordenador da Área de Hidráulica e Saneamento



---

Prof. Assoc. **RENATO VAIRO BELHOT**  
Presidente da Comissão de Pós-Graduação da EESC  
Em Exercício

*Aos meus pais...*

*Ao meu pai, grande homem, que me ensinou as bases para ser uma pessoa íntegra e dedicada e a minha mãe pelo carinho e coragem para enfrentar todos os problemas da vida.*

## AGRADECIMENTOS

Ao Professor *Dr. José Roberto Campos*, pela competente orientação fornecida durante a elaboração deste trabalho.

Ao Professor *Dr. Marco Antonio Penalva Reali*, pela orientação no desenvolvimento dos ensaios de flotação.

Ao Professor *Dr. Aliomar Gabriel da Silva Filho* (Embrapa Pecuária Sudeste), pela valiosa orientação fornecida nas análises dos dados referentes à nutrição animal.

Ao Professor *Dr. Luis Antonio Daniel*, pela ajuda na fase inicial do trabalho.

Ao Professor *Emílio Gomide* (UFV-MG), grande amigo e mestre em todos os momentos desde a graduação.

Ao Professor *Nelson Ferreira da Silva Júnior* (Bioengenharia – EESC – USP), pela amizade, companheirismo e intenso apoio fundamentais à realização deste trabalho.

Ao Engenheiro e amigo *Rogério Penetra*, pela fundamental ajuda na realização dos ensaios com flotatete.

A toda equipe de técnicos e funcionários da Embrapa Pecuária Sudeste, em particular *Carlos Henrique Garcia e Gilberto Batista de Souza*, durante a realização das análises físico-químicas.

A gerente do controle de qualidade da indústria CIRIO BRASIL ALIMENTOS S.A, ***Silmara Juliani***, pela amizade e confiança no fornecimento dos dados necessários à realização da pesquisa.

A cooperativa de laticínios de São Carlos e Rio Claro – COLASCRIC, pela cordial acolhida e colaboração para execução do trabalho, aqui representada pelo funcionário ***Clodoaldo Verderosi***.

A todos os funcionários da EMBRAPA PECUÁRIA SUDESTE e das indústrias CIRIO BRASIL ALIMENTOS S.A e COLASCRIC, que com paciência e carinho se dispuseram a conceder todas as informações necessárias ao desenvolvimento deste trabalho.

Ao CPD (EESC-USP), pela ajuda na finalização do trabalho.

As amigas, ***Márcia Tehl e Alessandra Ramos Pinto***, pelo inestimável companheirismo nos momentos mais difíceis.

Ao CONSELHO NACIONAL DE PESQUISA E DESENVOLVIMENTO (CNPq), pela bolsa de estudo concedida.

À FUNDAÇÃO DE AMPARO À PESQUISA DO ESTADO DE SÃO PAULO (FAPESP), pelo suporte financeiro ao projeto.

A todos os colegas, funcionários e professores da ESCOLA DE ENGENHARIA DE SÃO CARLOS - USP, que de alguma forma contribuíram para a realização deste trabalho.

## SUMÁRIO

LISTA DE FIGURAS .....	i
LISTA DE TABELAS .....	x
LISTA DE PLANILHAS .....	xvii
LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS .....	xxii
LISTA DE SÍMBOLOS .....	xxiv
RESUMO .....	xxvii
ABSTRACT .....	xxviii
1 INTRODUÇÃO .....	1
2 OBJETIVOS.....	3
3 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....	4
3.1 Utilização de Subprodutos Provenientes de Agroindústrias .....	4
3.2 Fundamentos Básicos para a Alimentação de Bovinos: Componentes e Valor Nutritivo.....	10
3.3 Utilização de Lodos provenientes de Sistemas de Tratamento de Efluentes Líquidos como Complemento de Alimentação Animal.....	14
3.4 Sistemas de Tratamento de Efluentes Líquidos de Indústrias Alimentícias .....	20
3.5 Sistemas de Flotação.....	28
3.6 Sistemas de Flotação por Ar Dissolvido no Tratamento de Efluentes Líquidos de Indústrias Alimentícias.....	34

4. MATERIAL E MÉTODOS.....	36
4.1 Considerações Iniciais .....	36
4.2 Descrição das Indústrias que foram Objeto de Pesquisa.....	41
4.2.1 Indústria de laticínios – COLASCRIC.....	41
4.2.2 Indústria de Conservas Alimentícias - CIRIO BRASIL ALIMENTOS S/A.....	49
4.3 Descrição das Instalações em Escala de Laboratório utilizadas na Pesquisa.....	58
4.3.1 Equipamento de coagulação - Mistura rápida.....	58
4.3.2 Equipamento de floculação e flotação – Flotateste.....	58
4.4 Métodos e Procedimentos Utilizados na Pesquisa.....	60
4.4.1 Coleta e composição de amostras nas indústrias investigadas.....	60
4.4.1.1 Indústria de Conservas Alimentícias - CIRIO BRASIL ALIMENTOS S/A.....	61
4.4.1.2 Indústria de Laticínios – COLASCRIC .....	65
4.4.2 Procedimentos e Monitoramento dos Ensaios de Flotação.....	67
4.4.2.1 Produtos químicos empregados.....	67
4.4.2.2 Ensaios de tratabilidade utilizando o flotateste com aplicação de Cloreto Férrico (FeCl <sub>3</sub> ) como coagulante.....	67
4.4.2.3 Fluxograma de ensaios .....	75
4.4.2.4 Monitoramento.....	75
4.4.3 Característica das Amostras do Efluente após Tratamento Físico-Químico.....	76
4.4.4 Procedimentos dos Ensaios de Digestibilidade e Caracterização do Lodo .....	78
4.4.5 Equipamentos Utilizados.....	80



5 RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	81
5.1 Resultados .....	81
5.1.1 Resultados dos Ensaio em Escala de Laboratório Utilizando o Flotatestes com Aplicação de Cloreto Férrico como Coagulante .....	82
5.1.2 Resultados da Caracterização do Efluente após Tratamento Físico-Químico por Flotação .....	154
5.1.3 Resultados dos Ensaio de Digestibilidade e Caracterização do Lodo Resultante do Tratamento Físico-Químico por Flotação .....	165
6 CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES.....	173
ANEXO A.....	177
ANEXO B.....	181
ANEXO C.....	185
ANEXO D.....	201
ANEXO E.....	210
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	223

## **LISTA DE FIGURAS**

FIGURA 3.1 – Esquema de instalação por ar dissolvido com pressurização total.....	30
FIGURA 3.2 – Esquema de instalação por ar dissolvido com pressurização parcial do despejo líquido.....	31
FIGURA 3.3 – Esquema de instalação por ar dissolvido com recirculação pressurizada. ....	32
FIGURA 4.1 – Fluxograma do procedimento experimental aplicado às indústrias de conservas alimentícias e laticínios.....	39
FIGURA 4.2 – Fluxograma dos ensaios de coagulação-floculação-flotação, realizados na segunda fase experimental, utilizando cloreto férrico no tratamento físico químico de efluentes industriais.....	40
FIGURA 4.3 – Fluxograma da linha de processamento de leite pasteurizado, origem e natureza dos despejos da COOPERATIVA DE LATICÍNIOS DE SÃO CARLOS E RIO CLARO. ....	42
FIGURA 4.4 – Fluxograma simplificado do Sistema de Tratamento de Efluentes Líquidos da Indústria de Laticínios, COLASCRIC – São Carlos – SP.....	45
FIGURA 4.5 – Tratamento Preliminar do Sistema de Tratamento de Efluentes da Indústria de Laticínios. ....	46
FIGURA 4.6 – Tratamento Físico-Químico do Sistema de Tratamento de Efluentes da Indústria de Laticínios.....	47

FIGURA 4.7 – Detalhamento da Unidade de Flotação e Tanque de Equalização do Sistema de Tratamento de Efluentes da Indústria de Laticínios.....	48
FIGURA 4.8 – Fluxograma do processamento de polpa de tomate e derivados e fluxo dos resíduos sólidos e líquidos gerados em cada etapa do processamento. ....	51
FIGURA 4.9 - Fluxograma simplificado do Sistema de Tratamento de Efluentes Líquidos da CIRIO BRASIL ALIMENTOS S/A - Taquaritinga - SP.....	54
FIGURA 4.10 – Tratamento Preliminar do Sistema de Tratamento de Efluentes Líquidos da Indústria de Conservas Alimentícias. ....	55
A – Grade, Vertedor Retangular e Caixa de Areia .....	55
B - Peneiras Estáticas .....	55
FIGURA 4.11 – Tratamento Primário do Sistema de Tratamento de Efluentes Líquidos da Indústria de Conservas Alimentícias. ....	56
A – Tratamento Físico-Químico: Tanque de Flotação.....	56
B – Leitões de Secagem : Lodo do Flotador.....	56
FIGURA 4.12 – Tratamento Secundário do Sistema de Tratamento de Efluentes Líquidos da Indústria de Conservas Alimentícias. ....	57
A - Unidade Biológica: Filtro Anaeróbio de Fluxo Ascendente.....	57
FIGURA 4.13 – Fotografia do equipamento de floculação e flotação em escala de laboratório (flotateste). ....	59
FIGURA 4.14 – Esquema geral do flotateste. ....	60
FIGURA 4.15 – Local de coleta das amostras pontuais para composição da amostra composta na primeira fase.....	62
FIGURA 4.16 – Hidrograma de Vazões Afluentes ao Sistema de Tratamento da Indústria de Conservas Alimentícias – CIRIO BRASIL ALIMENTOS – Taquaritinga - SP (1ª Coleta). ....	63

FIGURA 4.17 – Hidrograma de Vazões Afluentes ao Sistema de Tratamento da Indústria de Conservas Alimentícias – CIRIO BRASIL ALIMENTOS – Taquaritinga - SP (2ª Coleta). . . . .	63
FIGURA 4.18 – Tambor adaptado para a mistura da amostra composta e simulação do processo de flotação da terceira fase. . . . .	64
FIGURA 4.19 – Conjunto, tambor e agitador, adaptado para realizar a mistura da amostra composta. . . . .	65
FIGURA 4.20 – Hidrograma de Vazões Afluentes ao Sistema de Tratamento da Indústria de Laticínios – COLASCRIC – São Carlos – SP (3ª Coleta). . . . .	66
FIGURA 5.1 – Fração remanescente de turbidez (T/T0) e de cor aparente (C/C0) em função da velocidade de flotação para dosagem de cloreto férrico = 0 mg/l à diferentes valores de pH de coagulação. . . . .	85
FIGURA 5.2 – Fração remanescente de turbidez (T/T0) e de cor aparente (C/C0) em função da velocidade de flotação para dosagem de cloreto férrico = 40 mg/l a diferentes valores de pH de coagulação . . . . .	86
FIGURA 5.3 – Fração remanescente de turbidez (T/T0) e de cor aparente (C/C0) em função da velocidade de flotação para dosagem de cloreto férrico = 60 mg/l e diferentes valores de pH de coagulação. . . . .	87
FIGURA 5.4 – Fração remanescente de turbidez (T/T0) e de cor aparente (C/C0) em função da velocidade de flotação para dosagem de cloreto férrico = 80 mg/l e diferentes valores de pH de coagulação. . . . .	88
FIGURA 5.5 – Fração remanescente de turbidez (T/T0) e de cor aparente (C/C0) em função da velocidade de flotação para dosagem de cloreto férrico = 100 mg/l e diferentes valores de pH de coagulação. . . . .	89

- FIGURA 5.6 – Fração remanescente de turbidez ( $T/T_0$ ) e de cor aparente ( $C/C_0$ ) em função da velocidade de flotação para dosagem de cloreto férrico = 120 mg/l e diferentes valores de pH de coagulação. ....90
- FIGURA 5.7 – Fração remanescente de turbidez ( $T/T_0$ ) e cor aparente ( $C/C_0$ ) em função da velocidade de flotação para dosagem de cloreto férrico = 150 mg/l e 200 mg/l em diferentes valores de pH de coagulação. ....92
- FIGURA 5.8 – Fração remanescente de Demanda Química de Oxigênio ( $DQO/DQO_0$ ) em função de diferentes valores de pH de coagulação para todas as dosagens de cloreto férrico estudadas na velocidade de flotação de 10,0 cm/min. ....93
- FIGURA 5.9 - Fração remanescente de turbidez ( $T/T_0$ ) em função da velocidade de flotação para tempo de floculação = 1 min. e diferentes valores de gradiente médio de velocidade de floculação, com aplicação de cloreto férrico. ....95
- FIGURA 5.10 - Fração remanescente de cor aparente ( $C/C_0$ ) em função da velocidade de flotação para tempo de floculação = 1 min. e diferentes valores de gradiente médio de velocidade de floculação, com aplicação de cloreto férrico. ....95
- FIGURA 5.11 – Fração remanescente de turbidez ( $T/T_0$ ) em função da velocidade de flotação para tempo de floculação = 3 min. e diferentes valores de gradiente médio de velocidade de floculação, com aplicação de cloreto férrico. ....96
- FIGURA 5.12 – Fração remanescente de cor aparente ( $C/C_0$ ) em função da velocidade de flotação para tempo de floculação = 3 min. e diferentes valores de gradiente médio de velocidade de floculação, com aplicação de cloreto férrico. ....97
- FIGURA 5.13 – Fração remanescente de turbidez ( $T/T_0$ ) em função da velocidade de flotação para tempo de floculação = 6 min. e diferentes valores de gradiente médio de velocidade de floculação, com aplicação de cloreto férrico. ....98
- FIGURA 5.14 – Fração remanescente de cor aparente ( $C/C_0$ ) em função da velocidade de flotação para tempo de floculação = 6 min. e diferentes valores de gradiente médio de velocidade de floculação, com aplicação de cloreto férrico. ....99

FIGURA 5.15 – Fração remanescente de turbidez ( $T/T_0$ ) em função da velocidade de flotação para tempo de floculação = 12 minutos e diferentes valores de gradiente médio de velocidade de floculação, com aplicação de cloreto férrico.....	100
FIGURA 5.16 – Fração remanescente de cor aparente ( $C/C_0$ ) em função da velocidade de flotação para tempo de floculação = 12 minutos e diferentes valores de gradiente médio de velocidade de floculação, com aplicação de cloreto férrico.....	101
FIGURA 5.17 - Fração remanescente de DQO ( $DQO/DQO_0$ ) em função dos tempos de floculação para os gradientes médio de velocidade de flotação estudados .....	102
FIGURA 5.18 – Fração remanescente de turbidez ( $T/T_0$ ) em função da velocidade de flotação para diferentes valores de quantidade de ar fornecida, com aplicação de cloreto férrico.....	105
FIGURA 5.19 – Fração remanescente de cor aparente ( $C/C_0$ ) em função da velocidade de flotação para diferentes valores de quantidade de ar fornecida, com aplicação de cloreto férrico.....	107
FIGURA 5.20 – Fração remanescente de DQO ( $DQO/DQO_0$ ) em função da velocidade de flotação (10,0 cm/min), para diferentes valores de quantidade de ar fornecida, com aplicação de cloreto férrico.....	108
FIGURA 5.21 – Fração remanescente de turbidez ( $T/T_0$ ) e de cor aparente ( $C/C_0$ ) em função da velocidade de flotação para dosagem de cloreto férrico = 0 mg/l e diferentes valores de pH de coagulação. ....	112
FIGURA 5.22 – Fração remanescente de turbidez ( $T/T_0$ ) e de cor aparente ( $C/C_0$ ) em função da velocidade de flotação para dosagem de cloreto férrico = 80 mg/l e diferentes valores de pH de coagulação. ....	113

- FIGURA 5.23 – Fração remanescente de turbidez (T/T0) e de cor aparente (C/C0) em função da velocidade de flotação para dosagem de cloreto férrico = 100 mg/l e diferentes valores de pH de coagulação.....114
- FIGURA 5.24 – Fração remanescente de turbidez (T/T0) e de cor aparente (C/C0) em função da velocidade de flotação para dosagem de cloreto férrico = 120 mg/l e diferentes valores de pH de coagulação.....115
- FIGURA 5.25 – Fração remanescente de turbidez (T/T0) e de cor aparente (C/C0) em função da velocidade de flotação para dosagem de cloreto férrico = 150 mg/l e diferentes valores de pH de coagulação.....116
- FIGURA 5.26 – Fração remanescente de turbidez (T/T0) e de cor aparente (C/C0) em função da velocidade de flotação para dosagem de cloreto férrico = 180 mg/l e diferentes valores de pH de coagulação.....117
- FIGURA 5.27 – Fração remanescente de turbidez (T/T0) e de cor aparente (C/C0) em função da velocidade de flotação para dosagem de cloreto férrico = 240 mg/l e diferentes valores de pH de coagulação.....118
- FIGURA 5.28 – Fração remanescente de turbidez (T/T0) e de cor aparente (C/C0) em função da velocidade de flotação para dosagem de cloreto férrico = 300 mg/l e diferentes valores de pH de coagulação.....119
- FIGURA 5.29 – Fração remanescente de Demanda Química de Oxigênio (DQO/DQO<sub>0</sub>) em função de diferentes valores de pH de coagulação para todas as dosagens de cloreto férrico estudadas na velocidade de flotação de 10,0 cm/min. ....123
- FIGURA 5.30 – Fração remanescente de turbidez (T/T0) em função da velocidade de flotação para dosagem de cloreto férrico = 0 mg/l e diferentes valores de pH de coagulação. ....126

FIGURA 5.31 – Fração remanescente de turbidez (T/T0) em função da velocidade de flotação para dosagem de cloreto férrico = 50 mg/l e diferentes valores de pH de coagulação.....	127
FIGURA 5.32 – Fração remanescente de turbidez (T/T0) em função da velocidade de flotação para dosagem de cloreto férrico = 100 mg/l e diferentes valores de pH de coagulação.....	128
FIGURA 5.33 – Fração remanescente de turbidez (T/T0) em função da velocidade de flotação para dosagem de cloreto férrico = 150 mg/l e diferentes valores de pH de coagulação.....	129
FIGURA 5.34 – Fração remanescente de turbidez (T/T0) em função da velocidade de flotação para dosagem de cloreto férrico = 200 mg/l e diferentes valores de pH de coagulação.....	130
FIGURA 5.35 – Fração remanescente de turbidez (T/T0) em função da velocidade de flotação para dosagem de cloreto férrico = 75 mg/l e diferentes valores de pH de coagulação.....	131
FIGURA 5.36 – Fração remanescente de turbidez (T/T0) em função da velocidade de flotação para dosagem de cloreto férrico = 125 mg/l e diferentes valores de pH de coagulação.....	132
FIGURA 5.37 – Fração remanescente de turbidez (T/T0) em função da velocidade de flotação para dosagem de cloreto férrico = 175 mg/l e diferentes valores de pH de coagulação.....	133
FIGURA 5.38 – Fração remanescente de turbidez (T/T0) em função da velocidade de flotação para dosagem de cloreto férrico = 225 mg/l e diferentes valores de pH de coagulação.....	134
FIGURA 5.39 – Fração remanescente de turbidez (T/T0) em função da velocidade de flotação e pH de coagulação 6,0±0,1 para as dosagens de cloreto férrico estudadas.....	136



FIGURA 5.40 – Fração remanescente de turbidez (T/T <sub>0</sub> ) em função da velocidade de flotação e pH de coagulação 6,5±0,1 para as dosagens de cloreto férrico estudadas.....	137
FIGURAS 5.41 e 5.42 – Fração remanescente de Demanda Química de Oxigênio (DQO/DQO <sub>0</sub> ) em função de diferentes valores de pH de coagulação para todas as dosagens de cloreto férrico estudadas na velocidade de flotação de 10,0 cm/min e 25,0 cm/min.....	140
FIGURA 5.43 – Fração remanescente de turbidez (T/T <sub>0</sub> ) em função da velocidade de flotação para tempo de floculação igual a 1 minuto e diferentes valores de gradiente médio de velocidade de floculação, com aplicação de cloreto férrico.....	142
FIGURA 5.44 – Fração remanescente de turbidez (T/T <sub>0</sub> ) em função da velocidade de flotação para tempo de floculação igual à 3 minutos e diferentes valores de gradiente médio de velocidade de floculação, com aplicação de cloreto férrico.....	143
FIGURA 5.45 – Fração remanescente de turbidez (T/T <sub>0</sub> ) em função da velocidade de flotação para tempo de floculação igual à 6 minutos e diferentes valores de gradiente médio de velocidade de floculação, com aplicação de cloreto férrico.....	144
FIGURA 5.46 – Fração remanescente de turbidez (T/T <sub>0</sub> ) em função da velocidade de flotação para tempo de floculação igual à 12 minutos e diferentes valores de gradiente médio de velocidade de floculação, com aplicação de cloreto férrico.....	145
FIGURA 5.47 - Fração remanescente de DQO (DQO/DQO <sub>0</sub> ) em função dos tempos de floculação para os gradientes médio de velocidade de floculação estudados, para velocidade de flotação de 10 cm/min e 25,0 cm/min.....	146

- FIGURA 5.48 – Fração remanescente de turbidez ( $T/T_0$ ) em função da velocidade de flotação para diferentes valores de quantidade de ar fornecida, com aplicação de cloreto férrico..... 150
- FIGURA 5.49 – Fração remanescente de DQO para velocidade de flotação de 10,0 cm/min, em função de diferentes valores de quantidade de ar fornecida, com aplicação de cloreto férrico. .... 151
- FIGURA 5.50 – Fração remanescente de DQO para velocidade de flotação de 25,0 cm/min, em função de diferentes valores de quantidade de ar fornecida, com aplicação de cloreto férrico. .... 152

## **LISTA DE TABELAS**

TABELA 3.1 - Resultados, recomendações e concentrações máximas toleráveis para elementos essenciais.....	6
TABELA 3.2 - Resultados, recomendações e concentrações máximas toleráveis para microelementos ( $\mu\text{g}/\text{kg}$ ).....	7
TABELA 3.3 - Resultados e concentrações máximas toleráveis para elementos tóxicos ( $\mu\text{g}/\text{kg}$ ).....	8
TABELA 3.4 - Valores médios dos efluentes de abatedouros de animais com pêso vivo de cerca de 1000 kg .....	14
TABELA 3.5 – Composição do soro de leite. ....	16
TABELA 3.6 – Concentração de alguns elementos dos lodos provenientes de sistemas de tratamento de efluentes líquidos de diferentes tipos de agroindústrias.....	17
TABELA 3.7 – Concentração de alguns contaminantes inorgânicos em vários lodos de sistemas de tratamento de efluentes líquidos de diferentes tipos de agroindústrias.....	18
TABELA 3.8 – Concentração de alguns contaminantes orgânicos em vários lodos de sistemas de tratamento de efluentes líquidos de diferentes tipos de agroindústrias.....	19

TABELA 3.9 – Características dos resíduos de abatedouro de aves segundo várias referências. ....	20
TABELA 3.10 - Caracterização do despejo líquido de indústria de conservas .....	21
TABELA 3.11 – Características de despejos líquidos de indústrias de conservas.....	23
TABELA 3.12 – Eficiência na redução de contaminantes em diferentes processos físicos de tratamento de efluentes. ....	24
TABELA 3.13 – Eficiência na redução de contaminantes em diferentes processos biológicos em conjunto com o tratamento físico de efluentes.....	25
TABELA 3.14 – Parâmetros operacionais e de projeto para reatores do tipo filtro anaeróbio e UASB, em sistemas de tratamento de efluentes de indústrias de alimentos.....	27
TABELA 3.15 - Custo estimado para Unidade de Flotação por Ar Dissolvido (F.A.D) e Filtro Anaeróbio de Fluxo Ascendente (F.A.F.A). ....	34
TABELA 4.1 – Seqüência das etapas dos ensaios de tratabilidade realizados com o efluente da primeira coleta da primeira campanha utilizando flotateste e cloreto férrico. ....	70
TABELA 4.2 – Primeira etapa dos ensaios de tratabilidade realizados com o efluente da segunda coleta utilizando flotateste e cloreto férrico. ....	72
TABELA 4.3 – Seqüência das etapas dos ensaios de tratabilidade realizados com o efluente da terceira coleta utilizando flotateste e cloreto férrico. ....	74
TABELA 5.1 – Eficiência (%) de remoção de turbidez referente às condições mais apropriadas de pH de coagulação para cada dosagem de cloreto férrico, investigada em diferentes velocidades de flotação.....	91

---

TABELA 5.2 –Eficiência teórica de remoção de turbidez referente aos valores de tempo de floculação (Tf) e de gradiente médio de floculação investigados em diferentes velocidades de flotação, com aplicação de cloreto férrico.....	102
TABELA 5.3 –Eficiência de remoção de cor aparente referente aos valores de tempo de floculação (Tf) e de gradiente médio de floculação investigados em diferentes velocidades de flotação, com aplicação de cloreto férrico.....	103
TABELA 5.4 –Eficiência de remoção de DQO referente aos valores de tempo de floculação (Tf) e de gradiente médio de floculação investigados para a velocidade de flotação de 10,0 cm/min, com aplicação de cloreto férrico.....	104
TABELA 5.5 –Eficiência de remoção de turbidez referente aos valores de fração de recirculação investigados em diferentes velocidades de flotação, com aplicação de cloreto férrico.....	106
TABELA 5.6 –Eficiência de remoção de cor aparente referente aos valores de fração de recirculação investigados em diferentes velocidades de flotação, com aplicação de cloreto férrico.....	108
TABELA 5.7 – Eficiência de remoção de DQO referente aos valores de fração de recirculação investigados à velocidade de flotação de 10,0 cm/min, com aplicação de cloreto férrico.....	109
TABELA 5.8 – Parâmetros estudados e julgados mais adequados referentes a primeira coleta da indústria de conservas alimentícias.....	110
TABELA 5.9 – Eficiência (%) de remoção de turbidez referente às condições ótimas de pH de coagulação para cada dosagem de cloreto férrico, investigada em diferentes velocidades de flotação.....	120

TABELA 5.10 – Eficiência (%) de remoção de cor aparente referente às condições ótimas de pH de coagulação para cada dosagem de cloreto férrico, investigada em diferentes velocidades de flotação.....	121
TABELA 5.11 – Eficiência (%) de remoção de DQO referente às condições “ótimas” de pH de coagulação para cada dosagem de cloreto férrico, investigada na velocidade de flotação de 10,0 cm/min. ....	122
TABELA 5.12 – Parâmetros estudados julgados mais adequados referentes a segunda coleta da indústria de conservas alimentícias.....	124
TABELA 5.13 – Eficiência (%) de remoção de turbidez em pH de coagulação 6,0 para cada dosagem de cloreto férrico, investigada em diferentes velocidades de flotação. ....	135
TABELA 5.14 – Eficiência (%) de remoção de turbidez em pH de coagulação 6,5 para cada dosagem de cloreto férrico, investigada em diferentes velocidades de flotação. ....	136
TABELA 5.15 – Eficiência (%) de remoção de DQO para os valores pH de coagulação estudados em cada dosagem de cloreto férrico, investigada na velocidade de flotação de 10,0 cm/min e 25,0 cm/min. ....	139
TABELA 5.16 –Eficiência de remoção de turbidez referente aos valores de tempo de floculação (Tf) e de gradiente médio de velocidade de floculação investigados em diferentes velocidades de flotação, com aplicação de cloreto férrico.....	147
TABELA 5.17 –Eficiência teórica de remoção de DQO referente aos valores de tempo de floculação (Tf) e de gradiente médio de floculação investigados para a velocidade de flotação de 10,0 cm/min e 25,2 cm/min, com aplicação de cloreto férrico.....	148

---

TABELA 5.18 – Eficiência de remoção de turbidez referente aos valores de fração de recirculação investigados em diferentes velocidades de flotação, com aplicação de cloreto férrico.....	150
TABELA 5.19 – Eficiência de remoção de DQO referente aos valores de fração de recirculação investigados para velocidades de flotação de 10,0 cm/min e 25,0 cm/min, com aplicação de cloreto férrico.....	152
TABELA 5.20 – Parâmetros estudados julgados mais adequados referente a terceira coleta da indústria de laticínios.....	153
TABELA 5.21 – Teor de sólidos e demanda química de oxigênio (DQO), referentes à primeira coleta, para indústria de conservas alimentícias. ....	155
TABELA 5.22 – Teor de Nitrogênio orgânico (Norg.), Nitrogênio amoniacal (Namon), cálcio (Ca), magnésio (Mg), fósforo (P), potássio (K), e enxofre (S), referentes à primeira coleta realizada na indústria de conservas alimentícias.....	156
TABELA 5.23 – Teor de cobre (Cu), zinco (Zn), manganês (Mn), ferro (Fe), cromo (Cr), alumínio (Al), cádmio (Cd), referentes à primeira coleta, realizada na indústria de conservas alimentícias.....	157
TABELA 5.24 – Teor de cálcio (Ca), magnésio (Mg), fósforo (P), potássio (K), enxofre (S), cobre (Cu), zinco (Zn), manganês (Mn), ferro (Fe), cromo (Cr), alumínio (Al), cádmio (Cd), do cloreto férrico e da barrilha, utilizados nos ensaios de tratabilidade por flotação durante as coletas. ....	158
TABELA 5.25 – Teor de sólidos e demanda química de oxigênio (DQO), referentes à segunda coleta, para indústria de conservas alimentícias.....	159
TABELA 5.26 – Teor de Nitrogênio orgânico (Norg.), Nitrogênio amoniacal (Namon), cálcio (Ca), magnésio (Mg), fósforo (P), potássio (K), e enxofre (S), referentes à segunda coleta realizada na indústria de conservas alimentícias.....	160

TABELA 5.27 – Teor de cobre (Cu), zinco (Zn), manganês (Mn), ferro (Fe), cromo (Cr), alumínio (Al), cádmio (Cd), referentes à segunda coleta, realizada na indústria de conservas alimentícias. ....	161
TABELA 5.28 – Teor de sólidos e demanda química de oxigênio (DQO), referentes à terceira coleta, para indústria de laticínios.....	162
TABELA 5.29 – Teor de Nitrogênio orgânico (Norg.), Nitrogênio amoniacal (Namon), cálcio (Ca), magnésio (Mg), fósforo (P), potássio (K), e enxofre (S), referentes à terceira coleta realizada na indústria de laticínios.....	163
TABELA 5.30 – Teor de cobre (Cu), zinco (Zn), manganês (Mn), ferro (Fe), cromo (Cr), alumínio (Al), cádmio (Cd), referentes à terceira coleta realizada na indústria de laticínios.....	164
TABELA 5.31 – Teor de matéria seca e concentração de sólidos presentes no lodo, referentes às coletas realizadas na indústria de conservas alimentícias e indústria de laticínios.....	165
TABELA 5.32 – Digestibilidade “in vitro” da matéria seca (DIV), fibra em detergente neutro (FDN.), fibra em detergente ácido (FDA.), celulose, lignina, cinza insolúvel em detergente ácido (CIDA), extrato etéreo, de lodos provenientes das coletas realizadas na indústria de conservas alimentícias e na indústria de laticínios. ....	166
TABELA 5.33 – Proteína bruta (PB), nitrogênio orgânico (Norg.), cálcio (Ca), magnésio (Mg), fósforo (P), potássio (K), enxofre (S) de lodos provenientes de da coletas realizadas na indústria de conservas alimentícias e na indústria de laticínios.....	167
TABELA 5.34 – Teores de cromo (Cr), cobre (Cu), ferro (Fe), manganês (Mn) e zinco (Zn) de lodos provenientes das coletas realizadas na indústria de conservas alimentícias e na indústria de laticínios. ....	168



TABELA 5.35 – Teores de cádmio (Cd) e alumínio (Al) de lodos provenientes das coletas realizadas na indústria de conservas alimentícias e na indústria de laticínios. ....	169
TABELA 5.36 – Teor de cálcio (Ca), magnésio (Mg), fósforo (P), potássio (K), enxofre (S), cobre (Cu), zinco (Zn), manganês (Mn), ferro (Fe), cromo (Cr), alumínio (Al), cádmio (Cd), presente nas amostras coaguladas da indústria de conservas alimentícias e indústria de laticínios, proveniente do cloreto férrico e da barrilha, utilizados nos ensaios de tratabilidade por flotação. 170	
TABELA 5.37 – Perda diária de nutrientes presentes no lodo da indústria de conservas alimentícias e da indústria de laticínios, em função dos sólidos suspensos retidos no flotor.....	171
TABELA B.1 - Valores das dosagens de barrilha e respectivos pH de coagulação obtidos para primeira coleta.....	182
TABELA B.2 - Valores das dosagens de barrilha e respectivos pH de coagulação obtidos para segunda coleta. ....	183
TABELA B.3 - Valores das dosagens de barrilha e respectivos pH de coagulação obtidos para terceira coleta. ....	184

## **LISTA DE PLANILHAS**

ANEXO A      177

PLANILHA A.1 - PRIMEIRA ETAPA: Avaliação de Dosagem de Coagulante e pH de Coagulação.....179

PLANILHA A.2 - SEGUNDA ETAPA: Avaliação Gradiente de Floculação e Tempo de Floculação.....180

PLANILHA A.3 - TERCEIRA ETAPA: Avaliação Fração de Recirculação.....180

ANEXO C      185

PLANILHA C.1 – Dados de Turbidez, Cor Aparente e DQO, obtidos na primeira etapa dos ensaios de flotação relativos à primeira coleta para DCF iguais à 0 mg/l.....186

PLANILHA C.2 – Dados de Turbidez, Cor Aparente e DQO, obtidos na primeira etapa dos ensaios de flotação relativos à primeira coleta para DCF iguais à 40 mg/l.....187

PLANILHA C.3 – Dados de Turbidez, Cor Aparente e DQO, obtidos na primeira etapa dos ensaios de flotação relativos à primeira coleta para DCF iguais à 60 mg/l.....188

PLANILHA C.4 – Dados de Turbidez, Cor Aparente e DQO, obtidos na primeira etapa dos ensaios de flotação relativos à primeira coleta para DCF iguais à 80 mg/l.....	189
PLANILHA C.5 – Dados de Turbidez, Cor Aparente e DQO, obtidos na primeira etapa dos ensaios de flotação relativos à primeira coleta para DCF iguais à 100 mg/l.....	190
PLANILHA C.6 – Dados de Turbidez, Cor Aparente e DQO, obtidos na primeira etapa dos ensaios de flotação relativos à primeira coleta para DCF iguais à 120 mg/l.....	191
PLANILHA C.7 – Dados de Turbidez, Cor Aparente e DQO, obtidos na primeira etapa dos ensaios de flotação relativos à primeira coleta para DCF iguais à 150 e 200 mg/l.....	192
PLANILHA C.8 – Dados de Turbidez, Cor Aparente e DQO, obtidos na segunda etapa dos ensaios de flotação relativos à primeira coleta para Tf igual à 1 minuto.....	193
PLANILHA C.9 – Dados de Turbidez, Cor Aparente e DQO, obtidos na segunda etapa dos ensaios de flotação relativos à primeira coleta para Tf igual à 3 minutos.....	194
PLANILHA C.10 – Dados de Turbidez, Cor Aparente e DQO, obtidos na segunda etapa dos ensaios de flotação relativos à primeira coleta para Tf igual à 6 minutos.....	195
PLANILHA C.11 – Dados de Turbidez, Cor Aparente e DQO, obtidos na segunda etapa dos ensaios de flotação relativos à primeira coleta para Tf igual à 12 minutos.....	196
PLANILHA C.12 – Dados de Turbidez, Cor Aparente e DQO, obtidos na terceira etapa dos ensaios de flotação relativos à primeira coleta para R igual à 15%.....	197

PLANILHA C.13 – Dados de Turbidez, Cor Aparente e DQO, obtidos na Segunda etapa dos ensaios de flotação relativos à primeira coleta para R igual à 20%. .....	198
PLANILHA C.14 – Dados de Turbidez, Cor Aparente e DQO, obtidos na Segunda etapa dos ensaios de flotação relativos à primeira coleta para R igual à 30%. .....	199
PLANILHA C.15 – Dados de Turbidez, Cor Aparente e DQO, obtidos na segunda etapa dos ensaios de flotação relativos à primeira coleta para R igual à 40%. .....	200
ANEXO D	201
PLANILHA D.1 – Dados de Turbidez, Cor Aparente e DQO, obtidos na primeira etapa dos ensaios de flotação relativos à primeira coleta para DCF iguais à 0 mg/l. ....	202
PLANILHA D.2 – Dados de Turbidez, Cor Aparente e DQO, obtidos na primeira etapa dos ensaios de flotação relativo à primeira coleta para DCF iguais à 80 mg/l. ....	203
PLANILHA D.3 – Dados de Turbidez, Cor Aparente e DQO, obtidos na primeira etapa dos ensaios de flotação relativos à primeira coleta para DCF iguais à 100 mg/l. ....	204
PLANILHA D.4 – Dados de Turbidez, Cor Aparente e DQO, obtidos na primeira etapa dos ensaios de flotação relativos à primeira coleta para DCF iguais à 120 mg/l. ....	205
PLANILHA D.5 – Dados de Turbidez, Cor Aparente e DQO, obtidos na primeira etapa dos ensaios de flotação relativos à primeira coleta para DCF iguais à 150 mg/l. ....	206

PLANILHA D.6 – Dados de Turbidez, Cor Aparente e DQO, obtidos na primeira etapa dos ensaios de flotação relativos à primeira coleta para DCF iguais à 180 mg/l.....	207
PLANILHA D.7 – Dados de Turbidez, Cor Aparente e DQO, obtidos na primeira etapa dos ensaios de flotação relativos à primeira coleta para DCF iguais à 240 mg/l.....	208
PLANILHA D.8 – Dados de Turbidez, Cor Aparente e DQO, obtidos na primeira etapa dos ensaios de flotação relativos à primeira coleta para DCF iguais à 300 mg/l.....	209
ANEXO E	210
PLANILHA E.1 – Dados de Turbidez e DQO, obtidos na primeira etapa dos ensaios de flotação relativos à terceira coleta para DCF = 0 mg/l e 50 mg/l.....	211
PLANILHA E.2 – Dados de Turbidez e DQO, obtidos na primeira etapa dos ensaios de flotação relativos à terceira coleta para DCF = 100 , 150 e 200 mg/l. ....	212
PLANILHA E.3 – Dados de Turbidez e DQO, obtidos na primeira etapa dos ensaios de flotação relativos à terceira coleta para DCF iguais à 75 e 125 mg/l. ....	213
PLANILHA E.4 – Dados de Turbidez e DQO, obtidos na primeira etapa dos ensaios de flotação relativos à terceira coleta para DCF iguais à 175 e 225 mg/l. ....	214
PLANILHA E.5 – Dados de Turbidez e DQO, obtidos na primeira etapa dos ensaios de flotação relativos à terceira coleta para DCF iguais à 0, 50, 75, 100 e 125 mg/l em pH = 6,0. ....	215
PLANILHA E.6 – Dados de Turbidez e DQO, obtidos na primeira etapa dos ensaios de flotação relativos à terceira coleta para DCF iguais à 150, 175, 200 e 225 mg/l em pH = 6,0. ....	216

PLANILHA E.7 – Dados de Turbidez e DQO, obtidos na primeira etapa dos ensaios de flotação relativos à terceira coleta para DCF iguais à 0, 50, 75, 100 e 125 mg/l em pH = 6,5.....	217
PLANILHA E.8 – Dados de Turbidez e DQO, obtidos na primeira etapa dos ensaios de flotação relativos à terceira coleta para DCF iguais à 150, 175, 200 e 225 mg/l em pH = 6,5.....	218
PLANILHA E.9 – Dados de Turbidez e DQO, obtidos na segunda etapa dos ensaios de flotação relativos à terceira coleta para Tf = 1 min e 3 min.....	219
PLANILHA E.10 – Dados de Turbidez e DQO, obtidos na segunda etapa dos ensaios de flotação relativos à terceira coleta para Tf = 6 min e 12 min.....	220
PLANILHA E.11 – Dados de Turbidez e DQO, obtidos na terceira etapa dos ensaios de flotação relativos à terceira coleta para R iguais à 20%; 30% e 40%.....	221
PLANILHA E.12 – Dados de Turbidez e DQO, obtidos na terceira etapa dos ensaios de flotação relativos à terceira coleta para R iguais à 50%; 60% e 70%.....	222

## **LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS**

A.F.B – Reator de Leito Fluidificado

CETESB – Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental

CIP – Clean In Place

COLASCRIC – Cooperativa de Laticínios de São Carlos e Rio Claro

CONAMA - Conselho Nacional do Meio Ambiente

CPPSE – Centro de Pesquisa de Pecuária do Sudeste

EIA - Estudo de Impacto Ambiental

EMBRAPA – Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária

F.A – Filtro Anaeróbio

F.A.D – Flotação por Ar Dissolvido

F.A.F.A – Filtro Anaeróbio de Fluxo Ascendente

FAO – Food and Agriculture Organization of the United Nations

FAPESP – Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo

IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística

INAA - Método Analítico Instrumental por Ativação de Neutrons

NRC – National Research Council

NTD - Nutrientes Digestíveis Totais

PVC – Cloreto de Polivinila

R.B.C – Reator Biológico Aeróbio

RAAI - Resíduos Agropecuários e Agroindustriais

RIMA - Relatório de Impacto ao Meio Ambiente

U.A.S.B – Upflow Anaerobic Sludge Blanket

USP - Universidade de São Paulo



## **LISTA DE SÍMBOLOS**

$C_{ar, 22^{\circ}C}$  – Concentração de saturação do ar na água à 22 °C, mg/l

CIDA – Cinza Insolúvel em Detergente Ácido, %

CO – Carga Orgânica, kg DQO/dia

Conc – Concentração

DBO – Demanda Bioquímica de Oxigênio, mg/l

DCF – Dosagem de Cloreto Férrico, mg/l

DIV – Digestibilidade “in vitro”, %

DQO- Demanda Química de Oxigênio, mg/l

E – Eficiência, %

EE – Extrato Etéreo, %

FB - Fibra Bruta, %

FDA - Fibra em Detergente Ácido, %

FDN - Fibra em Detergente Neutro, %

Gf - Gradiente Médio de Velocidade de Floculação,  $s^{-1}$

Gmr – Gradiente Médio de Velocidade de Mistura Rápida,  $s^{-1}$

IVL – Índice Volumétrico de Lodo, ml/g

MS - Matéria Seca, %

Namon – Nitrogênio Amoniacal, mg/l

Norg – Nitrogênio Orgânico, mg/l

NTK – Nitrogênio Total Kjeldahl, mg/l

O/G – Óleos e Graxas, mg/l

P – Pressão, atm

PB – Proteína Bruta, %

pH – Potencial Hidrogeniônico (adimensional)

Psat – Pressão de Saturação, kPa

Q – Vazão Efluente,  $m^3/dia$  ou  $m^3/hora$

Qr - Vazão de Recirculação,  $m^3/dia$  ou  $m^3/hora$

Qt – Vazão Total,  $m^3/dia$  ou  $m^3/hora$

R – Fração de Recirculação do Efluente Pressurizado, %

SDF – Sólidos Dissolvidos Fixos, mg/l

SDT – Sólidos Dissolvidos totais, mg/l

SDV - Sólidos Dissolvidos Voláteis, mg/l

SS – Sólidos Sedimentáveis, ml/l

SSF - Sólidos Suspensos Fixos, mg/l

SST - Sólidos Suspensos Totais, mg/l

SSV - Sólidos Suspensos Voláteis, mg/l

ST – Sólidos Totais, mg/l

STF – Sólidos Totais Fixos, mg/l

STV – Sólidos totais Voláteis, mg/l

TAS – Taxa de Aplicação Superficial,  $m^3/m^2 \cdot dia$

TCO – Taxa de Carregamento Orgânico,  $kg DQO/m^3 \cdot dia$

TDH – Tempo de Detenção Hidráulica, horas

Temp – Temperatura, °C

Tf – Tempo de Floculação, minutos

Tmr – Tempo de Mistura Rápida, minutos

Vf ou  $V_{flot}$  – Velocidade de Flotação, cm/min

Vu – Volume Útil,  $m^3$

**RESUMO**

PIRES, L. C. (1999). *Potencialidade da utilização de resíduos orgânicos removidos por flotação de efluentes líquidos de indústrias de alimentos como fonte de nutrientes para bovinos*. São Carlos, 1999. 229p. Dissertação (Mestrado) – Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo.

Em virtude da elevada produção de lodo nas estações de tratamento de efluentes líquidos industriais aliado ao problema de disposição final e custo de transporte, este trabalho foi desenvolvido com a finalidade de verificar a potencialidade de se ter um destino mais nobre e lucrativo para esse resíduo. Estudou-se a possibilidade de utilização como suplemento alimentar para bovinos do lodo proveniente de unidades de flotação por ar dissolvido do sistema de tratamento de águas residuárias de duas indústrias de alimentos. Na primeira fase, foram realizados ensaios de flotação em escala de laboratório (flotatestes) com efluentes de indústrias de conservas alimentícias e laticínios variando-se: a dosagem de cloreto férrico como coagulante (entre 0 e 225 mg/l); as condições de floculação (tempo de floculação de 1; 3; 6 e 12 min e gradiente médio de velocidade de floculação de 40; 60 e 80 s<sup>-1</sup>), e a quantidade de ar fornecida ao sistema (entre 15% e 70% de recirculação). Nas condições mais adequadas de flotação (adição de cloreto férrico entre 80 e 180 mg/l e pH<sub>cg</sub> entre 6,0 e 6,5), foram observadas remoções acima de 80% para DQO, acima de 95% para cor aparente e turbidez, e remoções acima de 70% para sólidos suspensos totais. A caracterização do lodo, gerado a partir dos resultados obtidos nos ensaios de flotação, apresentou concentrações de nutrientes e da maioria dos minerais dentro dos padrões desejáveis para ambas as indústrias e digestibilidade acima de 80% para o lodo de laticínios. O lodo de ambas as indústrias, demonstraram ser fontes em potencial, principalmente de proteína bruta, cálcio, magnésio, potássio e extrato etéreo. No entanto, concentrações elevadas de Cd, comprometem o uso direto desse resíduo na alimentação animal.

Palavras-chave: reuso; lodo; industrial; conservas; laticínios; flotação por ar dissolvido; alimentação animal.

## ABSTRACT

PIRES, L. C. (1999). *Potencial use of organic sludge by flotation of two food industries liquid effluents as a nutrient source to cattle feeding*. São Carlos, 1999. 229p. Dissertação (Mestrado) – Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo.

Due to the high sludge production of industrial effluent treatment systems, in addition to the final disposal problem and transportation costs, this research was developed in order to make the sludge more attractive and profitable. The possibility sludge utilisation, from dissolved air flotation units of two food industries, as feeding cattle supplement was studied. Firstly, the assays were conducted in a lab-scale flotation unit (flotateste) with canning and dairy industrial effluents, using: ferric chloride as coagulant under different concentrations (from 0 to 225 mg/l); flocculation conditions (flocculation time in 1, 3, 6 and 12 minutes, and flocculation velocity gradient in 40, 60 and 80 s<sup>-1</sup>); quantity of air supplied (from 15 to 70% of recirculation). In these conditions, the best results of removal efficiencies obtained were over 80% for COD, over 95% for turbidity and aparent color, and for suspended solids up to 70%. The characterisation of the sludge, resulted from the flotation assays, showed a good digestibility of more than 80% for the dairy industry. Nutrient and almost all mineral concentrations were in the desired standard for both industries effluents. The slugde of both industrties, should be a potencial source of protein, calcium, magnesium, potassium and fats. However, high cadmium concentrations endangered the direct use of this waste to cattle feeding.

Keywords: reuse; sludge; industrial; canning; dairy; dissolved air flotation; cattle feeding.

## 1 INTRODUÇÃO

O processamento de alimentos pelas indústrias resulta em resíduos e subprodutos que, eventualmente, podem ser utilizados na alimentação de animal. Dentro deste grupo destacam-se as indústrias de conservas, de laticínios, cervejarias e destilarias, abatedouros e frigoríficos, usinas de açúcar e álcool, etc. Os resíduos mais comumente encontrados são: matéria-prima deteriorada, água de enxágüe ou de lavagem da matéria-prima, água do processamento, água dos equipamentos (sistema de resfriamento, centrífuga, condensador, concentrador), água de transporte hídrico, água de limpeza dos equipamentos, pisos e paredes, restos de alimentos, e resíduos sólidos em geral (NEMEROW, 1971).

Um aspecto importante da tecnologia de alimentos, tanto para países desenvolvidos ou em desenvolvimento, envolve a minimização de perdas, visando o aumento da disponibilidade dos alimentos sob outras formas de consumo. Apesar das dificuldades em se avaliar essas perdas, sabe-se que grande parte dos alimentos dos países de baixa renda é perdida no campo, no processamento ou na distribuição. Estima-se que se metade das perdas ocorridas no armazenamento fosse evitada no mundo, ter-se-iam calorias suficientes para satisfazer a dieta de cerca de 500.000 pessoas (GAVA, 1984).

A indústria de alimentos em geral, é responsável pela produção de grande quantidade de resíduos orgânicos, fonte de proteínas e carboidratos. Essa característica dos resíduos torna-os potencialmente úteis, seja como fonte de energia (produção de metanol ou metano durante sua fermentação, ou queima), como base para compostagem (adubo orgânico), fonte de nutrientes (concentrado protéico - "Single Cell Protein/biomass"), e o que mais se tem pesquisado, como ração animal (HERTZKA & BOOTH, 1981).

O próprio lodo gerado no sistema de tratamento de efluentes dessas indústrias oferece potencial de aproveitamento, com a vantagem de estar parcial ou totalmente degradado e estabilizado. Essa condição facilita a absorção (do solo e organismos vivos) e segurança na manipulação. O maior inconveniente é o elevado teor de umidade e a contaminação por microrganismos, metais pesados, detergentes e sanificantes. Portanto, para tornar viável o uso do resíduo, é necessária a caracterização do material e o pré-tratamento

físico ou físico-químico, a fim de garantir condições sanitárias seguras e redução do volume, apropriados para manipulação.

O Departamento de Hidráulica e Saneamento da Escola de Engenharia de São Carlos, tem se empenhado em desenvolver trabalhos voltados para essa linha de pesquisa, dentro dos programas de pós-graduação.

Em particular, este trabalho enfoca a avaliação da potencialidade de reuso do lodo, gerado nas unidades de flotação por ar dissolvido em sistemas de tratamento de efluentes de indústrias de conservas alimentícias e de laticínios, para alimentação de bovinos.

A aplicação do processo de flotação por ar dissolvido no tratamento de efluentes de indústrias de alimentos, têm demonstrado constituir alternativa eficiente e bastante atraente (BRAGA, 1998) tendo em vista as seguintes características: i) constitui processo de alta taxa, baixo tempo de detenção hidráulica e não exige grandes áreas para implantação; ii) o lodo separado por flotação apresenta-se geralmente bastante espessado; iii) a presença do ar dissolvido evita proliferação de microrganismos anaeróbios e portanto maus odores; iv) eficiente na separação de óleos, graxas e grande parte de sólidos orgânicos em suspensão possibilitando o reaproveitamento; etc.

Prevendo essa possível alternativa de reuso, é recomendável que o lodo apresente em sua composição, a menor concentração possível de compostos químicos e resíduos minerais (metais) tóxicos ao animal. Dessa forma, os ensaios de tratamento físico-químico por flotação para a obtenção do lodo, foram realizados utilizando-se o cloreto férrico como coagulante.

Os dados e resultados obtidos neste trabalho, fornecem subsídios importantes, capazes de converter um problema ambiental, de destino e/ou disposição do lodo de sistema de tratamento, em fonte de renda como suplemento alimentar animal.

## **2 OBJETIVOS**

Os objetivos do presente trabalho são:

- a) Caracterização do lodo gerado no sistema de tratamento de águas residuárias de indústrias de conservas alimentícias e de processamento de laticínios;
- b) Análise da potencialidade de reuso do lodo, gerado em unidades de flotação por ar dissolvido, como complemento alimentar para bovinos.



### 3 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

#### 3.1 Utilização de Subprodutos Provenientes de Agroindústrias

CARVALHO (1992) estudou vários tipos de resíduos de beneficiamento e de agroindústrias com a finalidade de relacioná-los e quantificá-los. Esse pesquisador afirma que os resíduos agroindustriais e do beneficiamento de produtos vegetais podem estar disponíveis e são passíveis de serem utilizados na alimentação de ruminantes na época de escassez de forragem verde.

Calcula-se que o aproveitamento de resíduo de cultura em alimentação bastaria para se evitar perdas de bovinos na época de escassez de pastagens, segundo dados da Food and Agriculture Organization of the United Nations – FAO (BOSE, 1990).

Ainda de acordo com CARVALHO (1992), a produção de algumas culturas no Brasil, gera volumes elevados de resíduos, no entanto a utilização na alimentação animal, depende de fatores como a localização entre os rebanhos e as culturas, as características nutricionais dos resíduos, o custo do transporte e preparo dos resíduos. O autor conclui que limitações econômicas determinam a destinação do produto. Como exemplo o bagaço de cana, antes desprezado e agora usado tanto na alimentação de ruminantes como pelas usinas e destilarias para geração de energia; o farelo do bagaço de laranja antes destinado para alimentação animal, hoje exportado; restos de folhas e caules de árvores e cereais estão sendo incorporados ao solo.

Segundo WALSH et al. (1995), a geração e disposição de resíduos alimentares tornou-se para a indústria seu maior problema. Estudos concluíram que o mais adequado, economicamente, seria transformá-los em ração animal ou acondicioná-los ao solo.

A produção em escala de alimento e comida a partir de resíduos será inevitável em algumas décadas. Esta dedução baseia-se no crescimento exponencial da população não acompanhada pela produção agrícola, na demanda de recursos para a síntese de alimentos em larga escala, nas pressões ambientais e na dependência de alimentos ricos em carbono,

sabendo-se que o resíduo orgânico inutilizável é a maior reserva renovável disponível de compostos de carbono (PLASKETT, 1976).

A indústria de ração animal busca matérias-primas alternativas que cumpram a função dos componentes essenciais sem elevar os custos e perder o padrão de qualidade do produto final. A restrição ao uso desses subprodutos como suplemento da ração, resulta da falta de tradição do seu uso, do custo do aproveitamento, transporte, colheita, armazenamento, conservação e tratamento dos resíduos, do seu baixo teor de nutrientes e por serem, em alguns casos, pouco palatáveis. Como opção de uso pode-se substituir parte dos volumosos tradicionais - pastagens, silagens e fenos - barateando a alimentação e prolongando a disponibilidade das melhores forragens à animais em crescimento e em produção (BOSE, 1990).

ZAGATTO (1992), estudou a utilização de resíduos da agroindústria sucro-alcooleira como fonte de energia e complemento alimentar animal. Considerando que para uma tonelada de cana industrializada, 300 kg de resíduo são gerados, o volume é suficiente para fornecimento de energia e utilização do bagaço hidrolisado na alimentação de animais em pecuária intensiva. Essa prática aumenta a produtividade do rebanho e permite facilidade de manejo e utilização de ração mais barata. Dessa forma, a tendência da pecuária paulista seria a associação agroindústria-pecuária considerando que outras indústrias, como a sucro-citricola e de extratos vegetais, poderão beneficiar-se com o uso de resíduos industriais.

BUTOLO (1992) pesquisou a utilização de gordura proveniente de abatedouros como complemento alimentar para bovinos. Afirma o autor que a utilização de subprodutos está totalmente de acordo com os princípios de conservação do meio ambiente, e que os alimentos preparados com a utilização de subprodutos complementam a ração básica, substituindo complementos tradicionais, além de reduzir os custos de produção resultando em igual ou maior produtividade.

Subprodutos da industrialização do tomate, por exemplo, a pele dessecada, apresenta 43% de fibra, 9,4% de proteína, 50% de nutrientes digestíveis totais (NTD), 4,4% de matéria graxa. Já a torta da semente apresenta 20% de óleo, 33% de proteína, 6% de matéria graxa, 25% de fibra, 58% de nutrientes digestíveis totais (NTD), podendo participar no máximo com 20% da mistura de concentrados (BOSE, 1990).

OSINAGA (1992) pesquisou a complementação alimentar de ruminantes com vários subprodutos agro-industriais no Trópico Boliviano. A autora afirma que os solos dos trópicos geralmente são deficientes em minerais essenciais, como o fósforo, que acarreta baixos índices de fertilidade nos animais. Essas deficiências podem ser combatidas com a utilização de subprodutos de agroindústrias.

Estudos de caracterização de subprodutos e aprimoramento de novas técnicas de análises, estão sendo continuamente desenvolvidos por pesquisadores da área, no sentido de se conhecer melhor as propriedades e composição atribuídas aos resíduos, e assim garantir seu emprego e destino.

TERUYA et al. (1999) caracterizaram várias amostras de subprodutos da agroindústria e agricultura brasileira, utilizando o método Analítico Instrumental por Ativação de Neutrons – INAA. As Tabelas 3.1, 3.2 e 3.3, a seguir, apresentam as concentrações de elementos essenciais, microelementos e elementos tóxicos em amostras analisadas pelos autores.

TABELA 3.1 - Resultados, recomendações e concentrações máximas toleráveis para elementos essenciais visando a alimentação de ruminantes.

Amostra	Ca (g.kg <sup>-1</sup> )	Cl (g.kg <sup>-1</sup> )	K (g.kg <sup>-1</sup> )	Mg (g.kg <sup>-1</sup> )	Na (mg.kg <sup>-1</sup> )
Farinha de Peixe	69±4	7,5±0,8	4,1±0,2	1,8±0,1	6829±682
Farinha de Pena	3,0±0,3	2,6±0,3	3,4±0,2	0,51±0,02	169±16
Farinha de Carne	212±13	3,2±0,1	2,4±0,3	3,8±0,2	7493±207
Pena e Visceras	5,7±0,2	2,4±0,1	2,9±0,2	0,87±0,18	1776±25
Algodão (tegumento)	0,88±0,15	0,29±0,06	14±2	1,3±0,3	22±3
Algodão (casca)	1,47±0,08	0,48±0,03	19±2	4,2±0,7	30±3
Arroz (tegumento)	0,68±0,05	0,60±0,08	2,75±0,07	0,80±0,12	26±4
Arroz (casca)	0,98±0,14	0,10±0,01	5,6±0,2	6,7±0,4	17±1
Soja (tegumento)	2,7±0,1	0,067±0,003	24±2	3,3±0,1	603±15
Soja (casca)	2,2±0,1	0,064±0,002	28±2	3,3±0,3	5±1
Casca de Laranja	7,9±0,5	0,5±0,02	11±1	1,3±0,03	344±2
Bagaço da Polpa	14±1	0,13±0,02	12±1	1,3±0,03	84±5
Resíduo de Tomate	2,6±0,2	2,2±0,1	15,4±1,5	3,0±0,2	265±
<b>Recomendações</b>	1,8±10,4	1,0±1,8	5,0±7,0	1,0±2,0	600±1000
<b>Conc. máx. tolerável</b>	-	40-90	30	4	90000

Fonte: TERUYA et al. (1999).

TABELA 3.2 - Resultados, recomendações e concentrações máximas toleráveis para microelementos ( $\mu\text{g}/\text{kg}$ ) visando alimentação de ruminantes.

Amostra	Co	Cr	Cu	Fe	Mn	Mo	Se	Zn
Farinha de Peixe	119 $\pm$ 4	703 $\pm$ 144	< 18	525 $\pm$ 7	24 $\pm$ 2	1,6 $\pm$ 0,2	2640 $\pm$ 386	168 $\pm$ 11
Farinha de Pena	139 $\pm$ 18	1282 $\pm$ 8	27 $\pm$ 9	560 $\pm$ 22	18 $\pm$ 2	1,0 $\pm$ 0,1	557 $\pm$ 18	148 $\pm$ 5
Farinha de Carne	88 $\pm$ 9	863 $\pm$ 18	< 54	525 $\pm$ 10	4,9 $\pm$ 0,3	1,0 $\pm$ 0,1	< 32	65 $\pm$ 4
Pena + Visceras	41 $\pm$ 1	764 $\pm$ 99	19 $\pm$ 1	254 $\pm$ 45	26 $\pm$ 1	1,0 $\pm$ 0,1	762 $\pm$ 43	97 $\pm$ 3
Algodão (tegumento)	61 $\pm$ 3	84 $\pm$ 18	2,3 $\pm$ 0,1	12 $\pm$ 2	11 $\pm$ 2	0,28 $\pm$ 0,03	42 $\pm$ 8	4,2 $\pm$ 0,3
Algodão (casca)	227 $\pm$ 17	150 $\pm$ 38	9 $\pm$ 2	110 $\pm$ 11	23 $\pm$ 4	0,53 $\pm$ 0,04	120 $\pm$ 2	45 $\pm$ 3
Arroz (tegumento)	544 $\pm$ 12	293 $\pm$ 75	< 11	31 $\pm$ 4	439 $\pm$ 51	0,31 $\pm$ 0,06	21 $\pm$ 2	12 $\pm$ 2
Arroz (casca)	86 $\pm$ 6	315 $\pm$ 6	25 $\pm$ 3	170 $\pm$ 22	210 $\pm$ 13	1,4 $\pm$ 0,4	< 74	138 $\pm$ 3
Soja (tegumento)	188 $\pm$ 4	341 $\pm$ 37	21 $\pm$ 2	228 $\pm$ 26	44 $\pm$ 1	2,5 $\pm$ 0,1	< 53	45 $\pm$ 1
Soja (casca)	192 $\pm$ 5	81 $\pm$ 18	13 $\pm$ 1	157 $\pm$ 13	36 $\pm$ 3	2,5 $\pm$ 0,3	< 0,2	45 $\pm$ 3
Casca de Laranja	60 $\pm$ 1	1081 $\pm$ 82	41 $\pm$ 3	159 $\pm$ 13	8,5 $\pm$ 0,1	0,43 $\pm$ 0,01	69 $\pm$ 11	16 $\pm$ 1
Bagaço da Polpa	391 $\pm$ 49	2196 $\pm$ 167	< 8	2113 $\pm$ 154	35 $\pm$ 1	0,43 $\pm$ 0,04	154 $\pm$ 11	14 $\pm$ 1
Resíduo de Tomate	522 $\pm$ 23	1588 $\pm$ 239	8 $\pm$ 3	927 $\pm$ 78	51 $\pm$ 4	0,74 $\pm$ 0,03	53 $\pm$ 13	25 $\pm$ 1
<b>Recomendações</b>	100	-	10	50	20-40	-	100	30
<b>Conc.máx. tolerável</b>	1000	1000	100	1000	1000	5	2000	500

Fonte: TERUYA et al. (1999).

TABELA 3.3 - Resultados e concentrações máximas toleráveis para elementos tóxicos visando alimentação de ruminantes ( $\mu\text{g}/\text{kg}$ ).

Amostra	As	Cd	Hg	Sb
Farinha de Peixe	1846±169	< 900	128±4	17±3
Farinha de Pena	434±6	< 400	15±1	28±1
Farinha de Carne	1383±130	< 1400	< 390	40±5
Pena + Visceras	1036±21	< 700	160±4	16±1
Algodão (tegumento)	31±4	< 300	45±1	0,9±0,5
Algodão (casca)	12±2	<2000	175±6	5,5±1,4
Arroz (tegumento)	256±14	< 2000	91±14	15±3
Arroz (casca)	13±0	< 200	507±	11±3
Soja (tegumento)	< 0,3	< 9300	155±7	< 6,7
Soja (casca)	< 3,0	< 100	186±113	16±7
Casca de Laranja	8,2±1,9	< 100	155±7	40±1
Bagaço da Polpa	128±18	< 100	196±5	207±31
Resíduo de Tomate	28±3	< 100	61±2	16±1
<b>Conc.máx.tolerável</b>	50000	500	2000	-

Fonte: TERUYA et al. (1999).

Segundo BUSCHINELLI (1992), o estudo de impacto ambiental (EIA) e o relatório de impacto ao meio ambiente (RIMA), estão sendo utilizados com sucesso por vários países. No Brasil, a Resolução 001/86, do Conselho Nacional do Meio Ambiente - CONAMA determina que devem ser realizados estudos multidisciplinares, previamente à construção de grandes obras e implantação de projetos agropecuários, objetivando-se a minimização dos impactos negativos causado pelo empreendimento. O autor explica que a contaminação causada pelos inúmeros agentes químicos e biológicos provenientes das atividades agrícolas, ocorre de forma difusa, em pequenas concentrações e distribuída por grandes extensões territoriais, dificultando a avaliação e monitoramento da qualidade ambiental.

Ainda de acordo com BUSCHINELLI (1992), os chamados resíduos agropecuários e agroindustriais (RAAI), podem ser definidos como materiais considerados não diretamente produtivos e são gerados ao se cultivar, criar e elaborar produtos agrícolas não manufaturados. Em decorrência dos volumes gerados, da crise energética mundial, da crescente preocupação com a redução da capacidade de suporte dos ecossistemas e dos efeitos do mal uso dos recursos naturais, os resíduos e subprodutos significam materiais

indesejáveis e componentes importantes do processo produtivo. A reciclagem tem sido utilizada para tornar o resíduo útil, evitando o acúmulo, melhorando o uso dos recursos disponíveis e diminuindo a pressão sobre os recursos naturais. O autor afirma que a utilização desses resíduos depende de fatores econômicos, tecnológicos, sociais e culturais, bem como de política de incentivo.

O mesmo pesquisador cita que os impactos positivos do aproveitamento dos resíduos agropecuários e agroindustriais para a preparação de ração animal são representados principalmente, pela reciclagem dos nutrientes presentes nestes resíduos, para a produção de energia e para o processamento biológico, evitando a contaminação do solo e da água. Os impactos negativos estão relacionados a possíveis contaminações, em baixas concentrações, de vários compostos químicos, e a possível presença de microrganismos patógenos que podem através da cadeia alimentar atingir o homem.

JACKSON (1979) considera que os resíduos sólidos obtidos do processamento de milho, vegetais e frutas em conserva são, em sua maioria, destinados a ração para gado. O mesmo autor cita outros subprodutos obtidos através do reprocessamento de alguns resíduos, como por exemplo: vinagre obtido da fermentação de resíduos de maçã; “carvão” de caroço de pêsego; óleo de oliva recuperado a partir dos caroços e de restos de azeitonas.

Segundo BOSE (1990), consideram-se resíduos as sobras genéricas do beneficiamento e processamento de produtos primários, que muitas vezes, apresentam potencial de utilização, tendo em vista sua disponibilidade e os custos de utilização.

De acordo com VERDE & CRUZ (1992), os valores nutritivos de grande parte dos resíduos são, ainda, pouco conhecidos. Há necessidade de maior esforço da pesquisa para adequar os resíduos à alimentação animal. Os conhecimentos sobre estes produtos encontram-se esparsos e não sistematizados. Faltam estudos sobre armazenamento, transporte, manejo e efeitos sobre o meio ambiente. Torna-se cada vez mais indispensável, esforço conjunto dos órgãos de pesquisa e extensão rural na solução desses problemas e na divulgação dos conhecimentos disponíveis.

### 3.2 Fundamentos Básicos para a Alimentação de Bovinos: Componentes e Valor Nutritivo

O manejo correto da alimentação do rebanho é essencial para o desempenho da atividade, por isso o criador precisa conhecer as necessidades dos animais e a composição dos alimentos. Caso haja deficiências deverá ser feita suplementação.

O estudo da alimentação animal envolve necessariamente o conhecimento da composição química e o valor nutritivo dos alimentos para sua eficiente conversão em produtos úteis. Dessa forma entende-se por ração todo alimento ou composto consumido pelo animal e que faz parte de sua dieta (MATTOS, 1990).

Com relação aos bovinos os nutrientes necessários a sua dieta são: carboidratos, proteínas e compostos nitrogenados não protéicos, lipídeos, minerais, vitaminas e água. A quantidade necessária de água, depende do teor de matéria seca no alimento (BOIN, 1990).

Quanto a classificação dos alimentos, podemos encontrar alimentos concentrados, volumosos, suplementos minerais e suplementos vitamínicos (MATTOS, 1990).

Os alimentos concentrados diferem dos volumosos por possuírem concentração de fibra maior que 18% em peso. São subdivididos em energéticos e protéicos, dependendo do teor de energia e proteína (MATTOS, 1990).

Na alimentação dos ruminantes os carboidratos estruturais, basicamente a celulose e hemicelulose (fração fibrosa), são digeridos com o auxílio de microrganismos anaeróbios que se desenvolvem no rúmen do animal por ação enzimática (BOIN, 1990).

A quantidade de lignina presente no alimento é um fator crítico com relação à digestibilidade devido a sua natureza amorfa (MATTOS, 1990).

A hidrólise e a fermentação dos carboidratos não estruturais à ácidos graxos voláteis envolve um grupo de bactérias predominantemente amilolíticas, enquanto na hidrólise e fermentação dos carboidratos estruturais predominam as bactérias celulolíticas. Os ácidos graxos voláteis representam mais da metade da energia fornecida pelos carboidratos aos ruminantes (BOIN, 1990).

A principal fonte de energia para os ruminantes não é a glicose, mas os ácidos graxos voláteis produzidos pela fermentação do rúmen, principalmente o ácido acético e propiônico (UNDERWOOD, 1981).

O valor nutritivo dos alimentos é avaliado basicamente pela sua digestibilidade, eficiência energética e consumo. O parâmetro digestibilidade não pode ser usado exclusivamente para se avaliar um alimento, pois o consumo e a eficiência de utilização de energia, são determinantes na resposta ou desempenho dos animais por apresentarem

variações que chegam a 20 e 30%; muito maior quando comparados a digestibilidade (3 a 7%) (MATTOS, 1990).

O processo de digestão de lipídeos nos ruminantes envolve primeiramente a hidrólise dos monoglicérides, diglicérides e triglicérides no rúmen à glicerol e ácidos graxos. Posteriormente o glicerol é fermentado, enquanto os ácidos graxos, após serem saturados, são absorvidos no intestino onde combinam-se novamente com glicerol formando os triglicérides que entram na circulação sanguínea. Os lipídeos absorvidos podem ser depositados na forma de gordura corporal quando o animal está em balanço positivo de energia, ou usados como fonte de energia para processos vitais e produtivos (BOIN, 1990).

Em animais ruminantes, basicamente os aminoácidos que constituem os nutrientes nitrogenados à disposição das células. As bactérias do rúmen hidrolisam parte da fração nitrogenada protéica dos alimentos transformando em nitrogênio não protéico. Compostos nitrogenados, tais como uréia, biureto, ácido úrico, amônia e seus sais podem ser usados como fonte de proteína para ruminantes. Os aminoácidos resultantes da digestão e absorção das proteínas são usados para síntese de proteína corporal, síntese de proteína do leite, síntese de enzimas, síntese de hormônios protéicos e síntese de peptídeos. Certos aminoácidos quando em excesso na dieta são usados como fonte de energia, porém a eficiência desse tipo de utilização é baixo (BOIN, 1990).

Os macrominerais essenciais são compostos exigidos em maiores quantidades diárias pelos animais dentre os quais destacam-se: cálcio (Ca), fósforo (P), potássio (K), magnésio (Mg), sódio (Na), cloro (Cl) e enxofre (S) (BOIN, 1990).

- Cálcio: A presença de cálcio na dieta reduz a absorção de tetraciclina, manganês e zinco. Os índices recomendáveis para manutenção: 1,54g cálcio retido/ 100 kg peso vivo e 2,8g fósforo retido/ 100 kg peso vivo; ou 7,1g cálcio retido/ 100 g proteína consumida e 3,9 g fósforo retido/ 100 g proteína consumida (NRC, 1984).
- Fósforo: Tanto o cálcio quanto o fósforo, dependem da vitamina D para serem absorvidos. Em níveis elevados de vitamina D a relação cálcio:fósforo pode ser menor e mais tolerável. As necessidades de cálcio e fósforo para crescimento e confinamento são calculadas com base na manutenção e produção (UNDERWOOD, 1981).

A absorção do fósforo, depende da fonte, do pH do intestino, da idade do animal e é influenciada pela concentração de cálcio, ferro, alumínio, magnésio, manganês, potássio e gorduras (NRC, 1984).



- Potássio: Concentrações de potássio recomendáveis para gado de corte: 0,6 a 0,8% de matéria seca consumida; gado leiteiro: 0,8 a 1,0% de matéria seca consumida (UNDERWOOD, 1981).

O requerimento de potássio indicado para uso em rações : 0,5 a 0,6%. As necessidades de potássio dependem das concentrações de proteína, fósforo, cálcio e sódio consumidos (NRC, 1984).

- Magnésio: As necessidades de magnésio dependem da espécie e raça do animal, idade e taxa de crescimento ou produção, e da disponibilidade biológica do metal na dieta (UNDERWOOD, 1981). Um terço do magnésio contido no tecido ósseo está combinado ao fósforo. Níveis normais de magnésio no sangue: 1,8 a 2,0 mg/100 ml de plasma. Níveis de magnésio considerados deficientes: 1,0 a 1,2 mg/100 ml. Concentrações de magnésio necessárias: 12 a 30 mg/ kg peso vivo de bovinos adultos e bezerras. Níveis tóxicos: 170 a 350 g magnésio/dia (efeito deletério). Para a ração recomenda-se: 0,4% magnésio (máximo tolerável). Várias fontes de magnésio inorgânico podem ser usadas como suplemento ou boas fontes complementares: carbonato de magnésio, óxidos de magnésio e sulfatos de magnésio. Presença de alumínio, potássio, fósforo e cálcio diminui a absorção e utilização de magnésio (NRC, 1984).

- Sódio: São recomendáveis concentrações de sódio para gado de corte de 0,10% de matéria seca consumida; e para gado leiteiro de 0,15% de matéria seca consumida (UNDERWOOD, 1981).

- Enxofre: A concentração total de enxofre no corpo é de aproximadamente 0,15%. A concentração máxima de enxofre tolerável na dieta: 0,4%. Na presença de enxofre e molibdênio, as necessidades de cobre aumentam, por exemplo, cobre na forma de sulfato de cobre é insolúvel em todo trato digestivo, já o molibdato de cobre é absorvível porém inativo, metabolicamente. Existe ainda uma interrelação entre selênio e enxofre devido, em parte, a suas estruturas similares. No caso, o selênio pode substituir o enxofre orgânico, mas diminuí a atividade metabólica do composto (UNDERWOOD, 1981).

Os microminerais são componentes estruturais e ou funcionais de enzimas, vitaminas e hormônios, exigidos em menores quantidades diárias, tais como: cobre, zinco, manganês, iodo, selênio e cobalto.

- Cobre: Zinco e Prata são antagonísticos à absorção de cobre. Níveis de molibdênio e enxofre inorgânico também diminuem a retenção de cobre. Histidina e outros aminoácidos fornecem a maioria dos metais (cobre, ferro e zinco), pois previnem a formação de hidróxidos de metais e metalofosfatos que são pobremente absorvidos. Níveis normais de cobre no sangue: 70 a 170 µg cobre/ 100 ml de sangue. Concentrações de cobre necessárias para ruminantes: 4 a 10 ppm. Nível máximo tolerável de cobre durante o crescimento: 115 ppm (NRC, 1984).
- Zinco: As concentrações de zinco recomendáveis: 20 a 40 mg zinco/kg dieta (matéria seca consumida). A absorção e utilização do zinco são influenciadas por cádmio, ferro, cálcio, magnésio, manganês, molibdênio, selênio, e varia com a idade, taxa de crescimento, raça, etc.) (NRC, 1984).
- Ferro: O ferro complexado na forma de hemoglobina é melhor absorvido que as formas não complexadas ou ferro inorgânico. Níveis elevados de fosfato e fitato na dieta reduzem a absorção de Fe, possivelmente pela formação de um complexo insolúvel de fosfato férrico e fitato, bem como elevados níveis de vários metais divalentes como: cobre, manganês, chumbo e cádmio, eleva a necessidade de ferro pela competição pelo sítio ativo de absorção na mucosa intestinal. É um componente essencial da hemoglobina do sangue e mioglobina dos músculos; no transporte de oxigênio; participa do sistema enzimático, etc. Complementação de ferro em taxas de 30 a 60 mg/dia garantirá crescimento normal e índices de hemoglobina por um período de 40 semanas (UNDERWOOD, 1981).  
O ferro na forma de  $Fe^{+2}$  é melhor absorvido que na forma  $Fe^{+3}$ . Concentrações de ferro necessárias para gado: 50 ppm. Nível máximo tolerável (mínimo tóxico): 1000 ppm (NRC, 1984).
- Manganês: Inúmeros sistemas enzimáticos que requerem magnésio podem se utilizar de manganês. O  $Mn^{+2}$  pode substituir o  $Zn^{+2}$  em enzimas zinco dependentes, porém essa substituição reduz as propriedades catalíticas da enzima. Elementos como fósforo, cálcio, ferro, molibdênio, zinco, cobre, magnésio, interagem com manganês. No caso do ferro ocorre um efeito antagonístico, ou seja, quanto maior a concentração de ferro menor a absorção de manganês. Níveis de tolerância máxima para gado indicado pelo NRC indica valores em torno de 1000 ppm (UNDERWOOD, 1981).

### 3.3 Utilização de Lodos provenientes de Sistemas de Tratamento de Efluentes Líquidos como Complemento de Alimentação Animal

OCKERMAN & HANSEN (1994) pesquisando abatedouros, constataram que perde-se, em média, 10 kg de proteína por 1000 kg de peso vivo. Muitos desses produtos não são bem utilizados ou se perdem por não se aplicar técnicas de redução de poluição. Os métodos de redução da poluição e melhoria da qualidade dos subprodutos podem ser aplicados a qualquer indústria alimentícia. Segundo os pesquisadores, se metade das proteínas que se perde nos resíduos fossem recuperadas, ter-se-iam aproximadamente 181 milhões de kg de proteínas a mais por ano nos EUA.

De acordo com os mesmos autores, dependendo de análises químicas dos resíduos e a sua possibilidade de recuperação, os resíduos sólidos obtidos no sistema de tratamento de efluentes de abatedouros possuem grande valor nutritivo; em torno de 41% de proteínas e 17% de gordura. Sendo possível a sua combinação com a ração e ser reutilizado na alimentação de animais de corte. Os ruminantes possuem uma grande quantidade de microrganismos no rúmen que podem utilizar esses compostos. Um possível problema indicado pelos pesquisadores seria a contaminação desse material com germes patogênicos, parasitas e outros (metais, vidros, etc). Deve-se, portanto, utilizar algum tipo de tratamento antes da utilização deste material, onde preparados de maneira correta os resíduos podem representar até 50% do alimento requerido pelos animais.

A mesma fonte cita quatro revisores importantes a respeito das características dos resíduos das indústrias cármicas e cujos resultados se apresentam na Tabela 3.4.

TABELA 3.4 - Valores médios dos efluentes de abatedouros de animais com peso vivo de cerca de 1000 kg .

Fonte	DBO (kg)	SS (kg)	Óleos/Graxas (kg)	NTK (kg)
North Star	12,1	8,7	6,0	1,0
Mohlman	14,6	11,3	1,5	1,7
Hill	15,0	12,4	-	1,7
Kerrigan	11,8	9,0	8,2	0,9
<b>MÉDIA</b>	<b>13,3</b>	<b>10,3</b>	<b>5,2</b>	<b>1,3</b>

DBO: Demanda Bioquímica de Oxigênio; SS: Sólidos Suspensos; NTK: Nitrogênio Total Kjeldhal.

Fonte: OCKERMAN & HANSEN (1994).

De acordo com GRANT (1976), milhares de toneladas de proteínas são perdidas nos efluentes líquidos provenientes da industrialização de carnes. Tem sido desenvolvidos processos visando a separação desta proteína e a redução do nível de demanda bioquímica de oxigênio (DBO) dos efluentes líquidos. O sistema de recuperação das proteínas possui dois estágios: no primeiro, parte da proteína solúvel é transformada em insolúvel e é recuperada pela flotação por ar dissolvido ou sedimentação; no segundo estágio o resíduo protéico solúvel é extraído pela passagem do resíduo por coluna de troca iônica. A recuperação pela flotação por ar dissolvido reduz a DBO acima de 90%. De acordo com a análise de aminoácidos, a proteína recuperada possui alto valor nutritivo, sendo excelente a sua utilização na alimentação de porcos e frangos, sem evidências de efeitos tóxicos. Estima-se que entre 2% e 5% do total de proteínas são perdidos nos efluentes dos abatedouros. O pesquisador acredita que com o grande crescimento populacional e a necessidade de grandes áreas para a produção de alimentos este tipo de pesquisa viabilize.

O pesquisador salienta que o tratamento biológico convencional possui a desvantagem de degradar o material potencialmente valioso, e no caso da utilização de processo físico-químico pode-se recuperar parte deste material e reutilizá-lo ou ainda vendê-lo, neste caso pagando parte dos custos operacionais do sistema de tratamento. Ressalta a utilização de compostos químicos não tóxicos, como os sais de ferro, que tem propósito nutricional.

COTON (1976) estudou a qualidade do efluente líquido proveniente de vários laticínios existentes no Reino Unido e constatou que o efluente de laticínios possui de 1 a 4% de leite, perdido durante o processamento. Este valor multiplicado pelo número de laticínios existentes, fornece resíduo de alta qualidade e em grande quantidade. Considerando que uma pessoa necessita por dia de 3000 kcal e 87 g de proteínas, utilizando-se esses valores e a quantidade de laticínios existentes com concentração de 1% de leite em seus efluentes, observa-se que o resíduo seria suficiente para atender, em calorias, 83.000 pessoas e, em proteínas 146.000 pessoas. O autor informa que para esse tipo de efluente, cuja DBO varia entre 100.000 a 120.000 ppm, o mais utilizado são os tratamentos por processos de digestão aeróbia. A principal fonte de poluição é o soro gerado na produção de manteiga, queijos e leite desnatado. Esse subproduto geralmente é desprezado e lançado no efluente. Por ter uma composição altamente nutritiva (vide Tabela 3.5), o pesquisador estudou formas de utilização do soro e processos de recuperação de nutrientes (proteína) desperdiçados com o processamento de leite e seus derivados. Dentro do convencional, tem-se utilizado o soro para extração de lactose, como alimentação direta para animais e incorporação de soro desidratado como suplemento nutricional em alimentação humana. Processos não

convencionais como: a filtração em gel , troca iônica e ultrafiltração, também têm sido estudados como forma de recuperação de proteína do soro.

TABELA 3.5 – Composição do soro de leite.

ITEM	COMPOSIÇÃO
ÁGUA	93,1 %
PROTEÍNA BRUTA	0,9 %
PROTEÍNA ÚTIL	0,7 %
GORDURA	0,3 %
LACTOSE	5,1 %
CINZAS	0,6 %
CÁLCIO	51 mg
FÓSFORO	53 mg
FERRO	0,1 mg
SÓDIO	-
POTÁSSIO	-
VITAMINA A	10 IU
TIAMINA	0,03 mg
RIBOFLAVINA	0,14 mg
NIACINA	0,1 mg
ÁCIDO ASCÓRBICO	-
ENERGIA	26 kcal

Fonte: *Composition of Foods*, Agricultural Handbook, No. 8, USDA, 1963, apud COTTON (1976).

Segundo estudos realizados por CLEVINGER (1990), em que foram caracterizados quimicamente lodos de várias indústrias alimentícias, principalmente os de laticínios, pode-se observar que vários tipos de lodo apresentaram em suas composições alto teor de proteínas, compostas por aminoácidos essenciais de grande valor nutricional (vide Tabelas 3.6, 3.7, 3.8). O autor ainda relata que nove em dez dos minerais necessários para a dieta alimentar de animais foram obtidos em dosagens 10% maiores que as recomendadas, mostrando assim a alta qualidade destes lodos para a produção de ração ou suplemento alimentar para os animais.

TABELA 3.6 – Concentração de alguns elementos dos lodos, provenientes de sistemas de tratamento de efluentes líquidos de diferentes tipos de agroindústrias.

CONCENTRAÇÃO (mg/kg peso seco)								
Elemento	Aves	Aves	Aves	Suínos	Tomate	Cereais	Papel	Peixe
Al	110	160	220	7410	1990	3805	1960	430
B	0	73	42	49	24	42	20	150
Ba	4,7	39	5	164	10	122	57	8,3
Ca	5980	7180	37	30100	903	50000	25555	1360
Co	0	0	0	8	0	3	1	0
Fe	573	772	708	15800	1680	2635	1610	531
K	563	23700	27800	4610	32900	20400	13000	20000
Mg	440	2570	2460	3480	1540	9825	4700	826
Mn	15	45	61	244	76	375	182	13
Mo	0	14	3	12	0	18	6	0
Na	752	44600	33000	8790	60	7125	3500	10700
P	3210	7850	11000	16100	16100	40000	19500	22000
Sr	28	67	18	71	71	74	46	18

Fonte: CLEVINGER (1990).

TABELA 3.7 – Concentração de alguns contaminantes inorgânicos em vários lodos de sistemas de tratamento de efluentes líquidos de diferentes tipos de agroindústrias.

	CONCENTRAÇÃO (mg/kg peso seco)												
	Ag	As	Be	Cd	Cr	Cu	Hg	Ni	Pb	Sb	Se	Ti	Zn
Leite	<1	0,6	0,07	<0,2	11	68	-	7	5	<4	0,6	<4	147
Leite	<1	0,8	0,05	<0,2	17	23	0,9	7	6	<4	0,8	<4	52
Leite	1	1,1	<0,07	0,3	14	68	1,0	19	5	6	0,9	<4	91
Leite	<1	0,9	0,07	0,3	8	25	0,2	4	16	5	0,5	<4	53
Leite	<1	0,6	0,09	<0,3	15	22	4,2	5	6	12	<0,1	<4	66
Leite	<1	0,4	<0,07	0,3	7	14	0,9	4	23	6	<0,1	<4	61
Leite	<1	0,5	0,08	<0,5	9	22	0,2	7	6	8	0,5	<4	108
Leite	<2	<0,7	0,15	<0,6	<2	26	-	<2	<9	<9	1,0	<9	26
Papel	<1	1,5	0,4	1,0	34	33	2,3	15	17	<4	1,0	<4	313
Cereal	<1	1,3	0,10	1,0	7	148	4,5	88	<4	8	1,0	<4	519
Tomate	<1	1,3	<0,07	<0,3	4	17	0,04	4	<4	<4	0,1	<4	31
Suínos	<1	5,6	0,59	3,1	67	296	7,0	37	98	<4	6,8	<4	4860
Peixes	<5	<2	<0,3	<1	7	29	-	<5	<20	<20	1,0	<20	144
Aves	<3	1	<0,1	<0,7	3	103	-	10	<10	<10	1,5	<10	116
Aves	<1	10	0,08	<0,4	3	401	-	46	<5	<5	2,0	<6	122
Aves	<1	0,4	0,08	<0,2	6	27	0,9-	4	5	<4	0,7	<4	85

Fonte: CLEVINGER (1990)

TABELA 3.8 – Concentração de alguns contaminantes orgânicos em vários lodos de sistemas de tratamento de efluentes líquidos de diferentes tipos de agroindústrias.

CONCENTRAÇÃO (mg/kg peso seco)								
Pesticidas	Aves	Aves	Aves	Batata	Peixes	Papel	Suínos	Cereal
Carbofurano			5		3		14	10
Carbaril	4	3		0,07		0,1		
Cianazina	23	7			4	0,1		20
Linurano	17					0,2	55	
Metribuzeno				0,11				
Fenol			140	1,4			420	
Benzentraceno							10	
Bis(2-etilhexil) ftalato	150	5			30	2,9	1680	10
Criseno							10	
Dietilftalato	20			0,1	5			
Di-N-butilftalato	80	5	10		5	0,3	10	20
Di-N-octilftalato	30					0,5		
Fluoranteno						0,7	10	
N-nitrodifenilamina							20	10
Fenantreno						0,8	30	10
Pireno						1,4	10	

Fonte: CLEVENGER, (1990).

BORUP e ASHCROFT (1991) estudaram dezesseis tipos de lodos, resultantes de diversos tipos de tratamento biológico dos efluentes líquidos de indústrias alimentícias. Os autores comprovam o alto teor de proteínas presente no lodo, além do alto valor nutricional e com presença de baixas concentrações de poluentes. Os mesmos autores sugerem o uso destes lodos como suplemento da alimentação animal.



### 3.4 Sistemas de Tratamento de Efluentes Líquidos de Indústrias Alimentícias

CAMPOS et al. (1993), consideram que efluentes de indústria de conservas alimentícias, apesar das características que variam de acordo com a matéria-prima, sazonalmente e diariamente, são facilmente tratáveis por processos anaeróbios. O fato de não apresentarem níveis críticos de toxicidade e presença de substâncias inibidoras, viabilizou o processo com resultados satisfatórios e vantagens sobre o tratamento aeróbio convencional referente a custo de investimento e custo operacional. O trabalho foi desenvolvido em três tipos de reatores anaeróbios diferentes (Upflow Anaerobic Sludge Bed - UASB, Filtro Anaeróbio e Reator Anaeróbio de Leito Expandido) em tempos de detenção hidráulica distintos, alcançando eficiência de remoção acima de 60%.

KATO (1982), estudou a degradação biológica aeróbia de resíduos provenientes de abatedouro de aves, utilizando lodos ativados com reatores de mistura completa. A pesquisadora informa que as águas residuárias provenientes do processamento industrial em abatedouros de aves constituem fontes altamente poluidoras, tendendo a agravar as condições sanitárias de corpos d'água receptores. Na Tabela 3.9 é mostrada a caracterização do efluente bruto proveniente do abatedouro de aves realizada por KATO (1982).

TABELA 3.9 – Características dos resíduos de abatedouro de aves segundo várias referências.

Parâmetro	US EPA	WPCF	Nemerow	Callely	Lund	Kato
DBO <sub>5</sub> (mg/l)	450 - 600	-	-	100 - 2400	150 - 2400	825
Volume	-	18 litros/ kg produto	12,4 litros/ ave	15 - 54,5m <sup>3</sup> / 1000 aves	17 - 26,5 m <sup>3</sup> / 1000 aves	-
Carga Orgânica (kg de DBO <sub>5</sub> )	8,2 - 8,7 / tonelada peso vivo	0,036 / kg produto	13,6 / 1000 aves	55 - 110 / 1000 aves	10,4 - 18,6 / 1000 aves	-
SS (mg/l)	300 - 400	1460	6,9 kg/ 1000 aves	-	5,5 - 10,4 kg/ 1000 aves	8,0
NT	-	-	0,9 - 3,2kg/ 1000 ave	-	15 - 300 mg/l	--
O & G	-	-	0,59 kg/ 1000 aves	-	-	693 mg/l
pH	-	-	6,4 - 7,3	-	6,5 - 9,0	7,0

US EPA: Environmental Protection Agency of United States, WPCF: Water Pollution Control Federation.

Fonte: KATO (1982).

KATO (1982), afirma que durante a caracterização verificou-se a influência da variação quantitativa dos resíduos decorrentes do processo industrial.

KATO (1982), estudou dois tipos de sistemas: um contínuo e outro descontínuo. O sistema descontínuo foi operado durante 25 dias, obtendo-se remoções de DQO e DBO<sub>5</sub> para amostras filtradas, superiores a 70% e 95% respectivamente. Para este estudo, o pesquisador utilizou 2 reatores com diferentes condições de pH; em um reator o pH era controlado e no outro reator variava. O sistema contínuo foi operado durante 34 dias, mantendo-se o tempo de detenção celular e o substrato afluente com concentrações fixas de 300 mg/l de DQO e 210 mg/l de DBO<sub>5</sub> para amostras filtradas. Neste caso foram obtidas remoções de DQO e DBO<sub>5</sub> de até 73% e 93% respectivamente.

KATO (1982) concluiu que para as águas residuárias de abatedouros de aves submetidas a tratamento biológico, mesmo existindo remoção eficiente dos subprodutos na indústria, recomenda-se tratamento preliminar constituído de telas finas, caixa de areia e decantador primário ou unidade de flotação.

AKUTSU (1989) apresenta em seu trabalho os resultados obtidos com a operação de uma unidade experimental em escala piloto, de um reator anaeróbio de leito fluidificado, recebendo despejos líquidos gerados em uma indústria de conservas alimentícias que utiliza o tomate como fonte de matéria-prima. Neste trabalho o pesquisador mostra a caracterização do despejo líquido proveniente da indústria de conservas *Fábricas Peixe*, mostrada na Tabela 3.10 a seguir.

TABELA 3.10 - Caracterização do Despejo Líquido de Indústria de Conservas.

Caracterização	Valor Médio
pH	4,0
DQO	1430 mg/l
DBO <sub>5</sub>	1127 mg/l
Sólidos Totais	1666 mg/l
Óleos e Graxas	1765 mg/l

Fonte: AKUTSU (1989).

De acordo com AKUTSU (1989), a unidade experimental foi operada por período aproximado de doze meses, sendo que os dois primeiros meses foram destinados à inoculação e adaptação. No primeiro mês utilizou-se como inóculo estrume bovino, e no segundo, lodo proveniente de biodigestor. Através da análise dos dados obtidos, pode-se admitir que para tempo de detenção hidráulica de duas horas a eficiência média na remoção

de DBO<sub>5</sub> e DQO, foi respectivamente igual a 83% e 63%, correspondente a uma carga orgânica média aplicada de 3,0 kg DQO/m<sup>3</sup>.dia. O autor concluiu que o reator de leito fluidificado pode ser aplicado no tratamento anaeróbio de efluentes de indústria de processamento de alimentos vegetais, ou, mais especificamente, em indústrias que utilizam principalmente tomate em sua linha de trabalho.

FERNANDES (1985) desenvolveu unidade experimental constituída por dois reatores anaeróbios de fluxo ascendente, associados em série, projetada e operada com o objetivo de verificar sua aplicabilidade no tratamento das águas residuárias da *Indústria de Conservas Alimentícias Hero S/A* de São Carlos-SP. O pesquisador informa que o primeiro reator, do tipo manta de lodo (UASB), foi alimentado com os despejos líquidos pré-sedimentados, enquanto que o segundo é um filtro anaeróbio (AF), alimentado com efluente do reator anterior. A eficiência de remoção de DQO foi superior a 80% para carga hidráulica de 4 m<sup>3</sup>/m<sup>3</sup>.dia e carga orgânica média de 1,2 kg DQO/ m<sup>3</sup>.dia. Com base nos resultados, o pesquisador concluiu que os processos anaeróbios podem ser aplicados no tratamento de despejos diluídos.

FARIAS (1981) estudou a biodegradabilidade dos despejos provenientes de indústrias de conservas e determinou os parâmetros bioquímicos para projetos de sistemas de lodos ativados. O sistema foi operado descontinuamente durante 23 dias obtendo-se remoções de DQO e DBO superiores a 90%. Posteriormente o sistema foi operado continuamente mantendo-se constantes as concentrações de substrato efluente e tempo de detenção hidráulica de 24 horas variando-se a idade do lodo. As remoções obtidas de DQO e DBO filtradas nessas condições, foram superiores a 80% e 90%, respectivamente.

De acordo com o manual de tratamento de águas residuárias industriais da Companhia de Tecnologia e Saneamento do Estado de São Paulo (CETESB), as características dos despejos da industrialização de frutas e vegetais variam muito, em função do tipo, quantidade e data de colheita da matéria-prima usada. Os valores de DBO podem atingir 60.000 mg/l e podem ser fortemente ácidos ou alcalinos, tornando-se difícil o tratamento e o destino final do despejo. Frequentemente utilizam-se neste tratamento peneiras e decantadores (BRAILE & CAVALCANTI, 1993).

Os despejos líquidos das indústrias de conservas são formados principalmente por:

- água derivada da produção de vapor para esterilização e resfriamento do tampão de selagem;
- despejos resultantes da lavagem da matéria-prima, branqueamento, derrames, limpeza de equipamentos e do solo;
- despejos sólidos;
- despejos de produtos especiais ou métodos não usuais de fabricação de conservas.

Na Tabela 3.11, são mostrados as características de despejos de fábricas de conservas.

TABELA 3.11 – Características de despejos líquidos de indústrias de conservas.

Produtos	DBO (mg/l)	SS (mg/l)
Milho	623	302
Ervilha	380 a 4700	272 a 400
Tomate	570 a 4000	190 a 2000
Pêssego	1350	600
Cereja	700 a 2100	20 a 650

DBO: Demanda Bioquímica de Oxigênio; SS: Sólidos Suspensos.  
Fonte: Manual CETESB apud Braile & Cavalcanti <sup>1</sup> (1993).

Como métodos de tratamento para esse tipo de efluente o manual indica: peneiração, sedimentação com ou sem coagulantes, filtração biológica, lagoas e terrenos para irrigação por aspersão. A sedimentação remove mais sólidos que as peneiras finas, sendo usada para a clarificação do despejo, e para o lodo removido continuamente. Os filtros biológicos do tipo profundo e de alta taxa, com carga superior a 7 kg de DBO/m<sup>3</sup>.dia podem ter período de retenção de 75 minutos.

A indústria de laticínios constitui uma parcela importante da indústria alimentícia e a sua contribuição em termos de poluição é significativa. No processamento de leite as principais operações geradoras de despejo são: lavagem e desinfecção de equipamentos, quebra das embalagens e perdas nas enchedeiras. A composição dos efluentes dessas indústrias consiste principalmente de leite diluído, materiais sólidos flutuantes, detergentes, desinfetantes, lubrificantes e esgoto doméstico. Dependendo do processo e do controle exercido sobre as descargas de resíduos, a quantidade e a carga poluente variam bastante.

<sup>1</sup>BRAILE, P.M.; CAVALCANTI, J.E.W.A. (1993). *Manual de tratamento de águas residuárias industriais*. CETESB, São Paulo, 1993.

O tratamento das águas residuárias de laticínios em sua grande maioria é do tipo biológico, sendo os aeróbios mais utilizados, tais como: lodos ativados, filtros biológicos; também são empregados lagoas de estabilização, valos de oxidação e digestão anaeróbia (NEMEROW, 1971).

O manual também aborda o consumo de água para frigoríficos. No abate de aves utiliza-se para cálculo entre 25 e 50 litros/ave abatida. Sendo difícil caracterizar o seu despejo, devido aos elevados valores de DBO, Sólidos Suspensos e Graxas. Esses despejos apresentam a DBO entre 800 e 3200 mg/l, de acordo com o grau de reaproveitamento e cuidados na operação.

Os processos de tratamento comumente usados no tratamento dos despejos frigoríficos são:

- processos anaeróbios;
- sistemas de lagoas aeróbias;
- lodos ativados;
- filtros biológicos.

Esses processos permitem a redução da DBO de 70 a 95% e dos sólidos suspensos de 80 a 90%. O que determina o processo a ser utilizado é: o grau de tratamento exigido, as condições locais, os custos e a eficiência do processo.

OCKERMAN & HANSEN (1994), pesquisando diferentes tipos de tratamento de efluentes líquidos em abatedouros comentam a respeito da eficiência de diferentes processos físicos e biológicos, respectivamente na remoção de sólidos suspensos (SS), óleos e graxas e DBO. Nas Tabelas 3.12 e 3.13 apresentam o resumo das observações fornecidas pelos referidos autores.

TABELA 3.12 – Eficiência na redução de contaminantes em diferentes processos físicos de tratamento de efluentes.

Processo	Eficiência de Remoção (%)		
	SS	Óleos e Graxas	DBO
Peneira	15-60	N/A	N/A
Centrífuga	50-60	50-60	N/A
Sedimentação	40-50	50-60	20-30
Flotação por Ar Dissolvido	60	60-90	25-60

SS: Sólidos Suspensos, DBO: Demanda Bioquímica de Origem, N/A: Não analisado

Fonte: OCKERMAN & HANSEN (1994).

TABELA 3.13 – Eficiência na redução de contaminantes em diferentes processos biológicos em conjunto com o tratamento físico de efluentes.

Processo	Eficiência de Remoção (%)		
	SS	Óleos e Graxas	DBO
Reatores Anaeróbios	86-95	95-99	85-95
Reatores Aeróbios	90-98	95-99	95-99
Lodos Ativados	97	95-97	95-99
Filtros Biológicos	N/A	95	86-95
Valo de Oxidação	N/A	N/A	95

SS: Sólidos Suspensos; DBO: Demanda Bioquímica de Oxigênio; N/A: Não analisado.

Fonte: OCKERMAN & HANSEN (1994).

Os mesmos pesquisadores afirmam que, geralmente, o tratamento biológico é precedido de um tratamento físico e que o processo biológico mais econômico, eficaz e popular empregado é o tratamento anaeróbio, apresentando eficiências de remoção acima de, 82% de DBO e capacidade média de carga orgânica de 0,4 kg/dia/m<sup>3</sup>, quando operados adequadamente. Os pesquisadores também citam as lagoas aeróbias e o processo de lodos ativados, mas em ambos os casos a desvantagem é o custo da aeração, manipulação e manutenção.

WALSH, ROSS & VALENTINE (1993) comentam que a literatura técnica descreve muitas alternativas para o tratamento e destino de águas residuárias provenientes do processamento de vegetais e de outros resíduos orgânicos. Consideram: digestão anaeróbia, alimentação animal, compostagem, reuso das fibras, fermentação, incineração, pirólise e adensamento como opções. Comentam que devem ser considerados vários fatores para a escolha do tratamento desta água residuária, entre eles a composição e os fatores hidráulicos.

BORUP & ASHCROFT (1991) afirmam que os sistemas de tratamento de efluentes líquidos, utilizados em indústrias de beneficiamento de frutas, poderiam ser compostos por reator de manta de lodo (UASB) e reator de leito fluidizado (AFB). Trabalhando com reatores, UASB e AFB, ambos em escala de laboratório, estudaram a remoção de DQO de efluente líquido de indústria de processamento de frutas. O reator AFB em escala laboratorial, foi operado com taxa entre 16 e 21 kg DQO/m<sup>3</sup>.dia, e resultou na remoção de DQO entre 95% e 85%, respectivamente; enquanto o reator tipo UASB (laboratorial), operou com taxa de 12,5 e 10,2 kg DQO/m<sup>3</sup>.dia, e resultou na remoção entre 93,5 e 95%, respectivamente

COLLINS<sup>2</sup> apud BORUP & MUCHMORE (1992), indica o uso do processo de lodos ativados com oxigênio puro, para o tratamento de águas residuárias produzidas nas indústrias de frutas e vegetais enlatados (conservas) provido de eficiência máxima de energia.

WARREN et al. (1991) estudaram efluente de indústria de processamento de suco de frutas com DBO variando entre 6000 e 9000 mg/l. Utilizando um sistema de tratamento de efluentes líquidos, com reator tipo UASB, com alta taxa e na seqüência, reatores aeróbios de batelada, em escala de laboratório, os pesquisadores obtiveram efluentes tratados com 10 mg/l de DBO residual.

Segundo BORUP & ASHCROFT (1991) trabalhando com sistema em escala de laboratório de Reator Biológico Aeróbio (RBC), com tempo de detenção hidráulico de 2,5 dias, e efluente líquido proveniente do processamento de milho apresentando DQO de 6,4 g/l, obtiveram um eficiência de redução de 84,6% em termos de DQO.

ZEEVALKINK (1982) afirma que o reator tipo UASB está sendo muito estudado na Holanda, e esses estudos mostram a sua utilização no tratamento de efluentes de indústrias alimentícias, entre elas: amido, açúcar, suco, conservas, laticínios e abatedouros.

O uso do Reator UASB para tratamento de água residuária de indústria de alimentos é indicado por FORESTI (1990), por ser um efluente praticamente isento de compostos tóxicos e inibidores. Desta forma, para que o processo biológico opere com sucesso é necessário tratamento preliminar composto de grade ou peneira, caixa de areia, tanque de equalização e ajuste de pH.

OLIVA et al. (1995) estudaram as características e os parâmetros de projeto mais importantes para filtros anaeróbios (FA) e reatores tipo UASB, usados em tratamento de efluentes de indústria de alimentos. Operando em condições de limite operacional, à temperaturas entre 15 a 30° C e variações nas características do efluente, obtiveram eficiência de remoção de 80% na DQO para efluentes com taxa de carga orgânica abaixo de 5 kg de DQO/ m<sup>3</sup>.dia.

---

<sup>2</sup>Collins, F. et al.(1990). *A Plant For All Seasons*. Civ. Eng. N.Y.,60, 48. apud BORUP, M.B.; MUCHMORE, D.R. (1992). Food processing waste. *Water Enviroment Research. Journal WPCF*, v.63, n.4, p.413-415, jun.

Neste mesmo trabalho (OLIVA et al., 1995), são apresentados parâmetros de projeto e eficiências de remoção de DQO para efluentes de indústrias de processamento de conservas vegetais e carne, tratados com sistemas de filtro anaeróbio ou UASB. Todos os sistemas de tratamento das respectivas indústrias analisadas, são providos de tratamento preliminar com peneiras e/ou grade, sendo que alguns possuem sedimentadores ou flotasores antes do reator anaeróbio e a maioria tanque de equalização e controlador de pH. Na Tabela 3.14, são apresentados os dados comparativos entre as indústrias.

TABELA 3.14 – Parâmetros operacionais e de projeto para reatores do tipo filtro anaeróbio e UASB, em sistemas de tratamento de efluentes de indústrias de alimentos.

INDÚSTRIA	Parâmetros Operacionais e de Projeto						
	Q	CO <sub>2</sub>	Reator	TDH	TCO	DQO <sub>a</sub>	E
Polperon Alimentos	1200	160	UASB	15	0,21	265	-
Cia. Industrial e Mercantil Paoletti	2480	790	UASB	13,6	0,47	300	>90
Fábrica de Salames Rio Preto	200	470	FA	24	2,00	4700	80 - 85
Frigorífico Colina	50	130	FA	12,5	4,20	2600	80 - 85
Indústria de Carne Jurumim Tietê	45	80	FA	25	1,70	1800	>80
Sofruta Indústria Alimentícia Ltda.	1400	3080	UASB	24	2,14	2200	>85
Fábricas Peixe	2160	1950	FA	18	1,20	900	~ 80
Conservas Colombo	1200	320	UASB	12	0,53	265	>90
Indústrias Alimentícias Hero S.A	250	350	UASB	8	1,40	440	>85

Q: vazão efluente diária (m<sup>3</sup>/dia); CO<sub>2</sub>: carga orgânica diária (kg DQO/dia); TDH: tempo de detenção hidráulica (h); TCO: taxa de carregamento orgânico (kg DQO/m<sup>3</sup>.dia); DQO<sub>a</sub>: demanda química de oxigênio afluente (mg/l); E: eficiência de remoção de DQO (%).

Fonte: ECTA S/C Ltda apud OLIVA<sup>3</sup> (1995).

<sup>3</sup>OLIVA, L.C.H.V. et al.(1995). Anaerobic Reactors for Food Processing Wastewater Treatment: Established Technology and New Developments. *Water Science Technology – LAWQ*, v.32, n.12, p.157-163.



De acordo com a Tabela 3.14, observa-se que as taxas de carregamento orgânico são baixas (0,53 à 2,14 kg DQO/m<sup>3</sup>.dia) para indústrias de conservas alimentícias, por duas razões: a primeira porque esse tipo de indústria gera efluentes muito diluídos; e a segunda razão é que a matéria orgânica presente é convertida facilmente em ácidos voláteis e a capacidade tampão do efluente é praticamente inexistente. Quanto a eficiência de remoção de DQO, apresentam valores acima do limite estabelecido por lei (80%), para todos os casos estudados.

PAULA JR & FORESTI (1993), estudaram efluentes de indústrias de conservas alimentícias e concluíram ser recomendável o uso de sistema biológico como tratamento secundário. Utilizando-se filtro anaeróbio em escala de laboratório, operando com tempo de detenção hidráulica de 16 horas, obtiveram resultados de remoção de DQO superiores a 80% para efluentes com baixa carga orgânica, entre 60 e 600 mg DQO /l de efluente e taxa de carregamento orgânico entre 0,1 e 1,0 kg DQO/m<sup>3</sup>.dia.

KASAPGIL et al., apud WALSH, ROSS, & VALENTINE<sup>4</sup> (1995), compararam a eficiência de remoção de DQO para efluentes de laticínios com taxa de carregamento orgânico de 6 kg de DQO/ m<sup>3</sup>.dia, em reator tipo filtro anaeróbio de fluxo ascendente, em escala de laboratório e para planta piloto. Concluíram que para planta piloto os resultados foram sensivelmente melhores que a unidade em laboratório

WALSH, ROSS & VALENTINE (1995), estudaram o desempenho de um reator tipo UASB, como pré-tratamento de efluente de indústria de processamento de suco e laticínios, misturados. Durante dois anos de funcionamento, o sistema forneceu eficiência de remoção de DBO de 89%, apresentando DBO residual de 187 mg/l.

### 3.5 Sistemas de Flotação

A flotação por ar dissolvido constitui uma técnica de separação de fases que vem sendo muito utilizada para remoção de sólidos e de material orgânico de efluentes líquidos de indústrias alimentícias. Como pré-tratamento antecedente à flotação, podem-se utilizar produtos químicos coagulantes, tais como o cloreto férrico e cal, com vistas à coagulação e floculação do material em suspensão. Após à aplicação dos produtos químicos, o efluente é então encaminhado à unidade de flotação onde os flocos são separados da fase líquida e recolhidos na forma de lodo com elevado conteúdo de sólidos (entre 4 a 12 %, em peso).

---

<sup>4</sup> WALSH, J. L.; ROSS, C. C.; VALENTINE JR, G. E. (1995). "Food processing waste". *Water Environment Research*. Vol. 67, nº 04. Jun., p.522-525.

Portanto, a flotação apresenta duas funções básicas: i) clarificação da água residuária e, ii) concentração de sólidos removidos na parte superior do reator (BRATBY E MARAIS, 1976).

Segundo HYDE et al. (1977), os três processos básicos envolvidos na flotação são:

- processo de geração de bolhas de tamanho adequado;
- processo de ligação das bolhas ao material a ser flotado;
- processo de separação dos sólidos.

Um sistema de flotação por ar dissolvido (FAD) por pressurização consiste em:

- unidade de flotação;
- unidade de saturação.

A unidade de flotação serve para separar a fase líquida e o saturador serve para dissolver o ar no líquido com o aumento da pressão. A água saturada é introduzida no flotador, onde são obtidas microbolhas de gás através da liberação de parcela do gás previamente dissolvido na massa líquida, devido a um subsequente abaixamento da pressão a que está submetido esse líquido. As bolhas precipitadas aderem às partículas presentes na água residuária formando um conjunto bolha/partícula, o qual tende a subir até a superfície do flotador onde é coletado.

Segundo HYDE et al. (1977), existem três variações da técnica de flotação por ar dissolvido (FAD) por pressurização, a saber:

- FAD com pressurização total do despejo líquido: a totalidade da vazão afluyente do sistema é pressurizada;
- FAD com pressurização parcial do despejo líquido: somente uma parte da vazão é pressurizada;
- FAD com recirculação pressurizada: neste caso pressuriza-se uma parcela do despejo líquido já clarificado.

Os esquemas pertinentes às diferentes técnicas de flotação são mostrados nas Figuras 3.1, 3.2 e 3.3, respectivamente.

ZABEL (1995), observou que a flotação é mais suscetível a subdosagem ou superdosagem do coagulante, devido ao pequeno tempo de detenção no reator. O autor explica que a dosagem e o pH “ótimos” requeridos para flotação podem ser determinados por ensaios de floculação (jar-test) convencionais, ou mesmo por meio de testes na própria unidade em escala real.

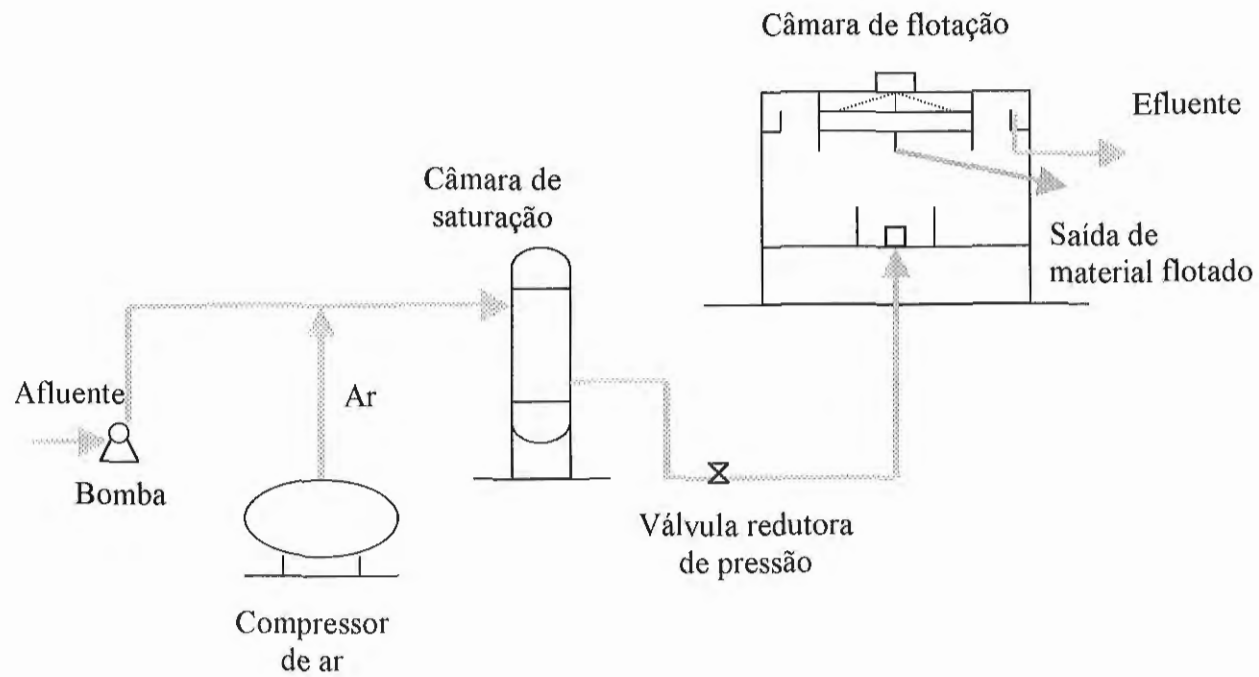


FIGURA 3.1 – Esquema de instalação por ar dissolvido com pressurização total.

Fonte: Adaptada de REALI (1994).

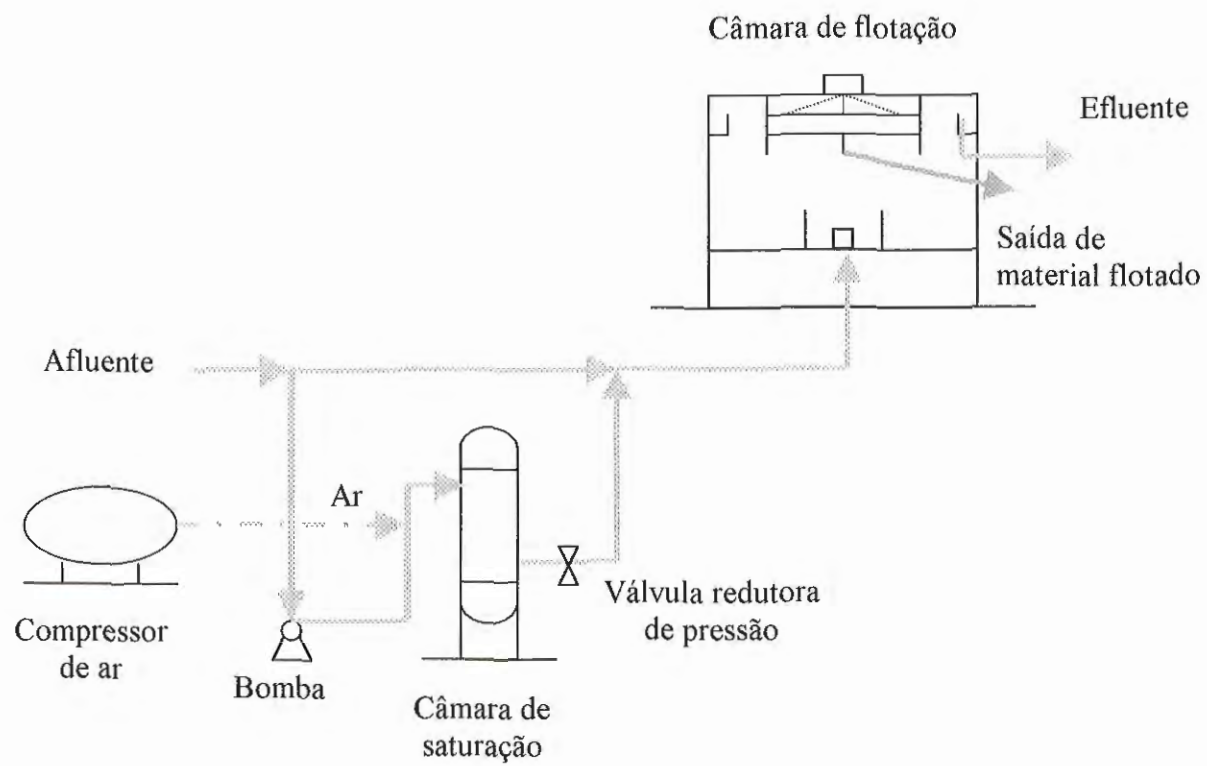


FIGURA 3.2 – Esquema de instalação por ar dissolvido com pressurização parcial do despejo líquido.

Fonte: Adaptada de REALI (1994).

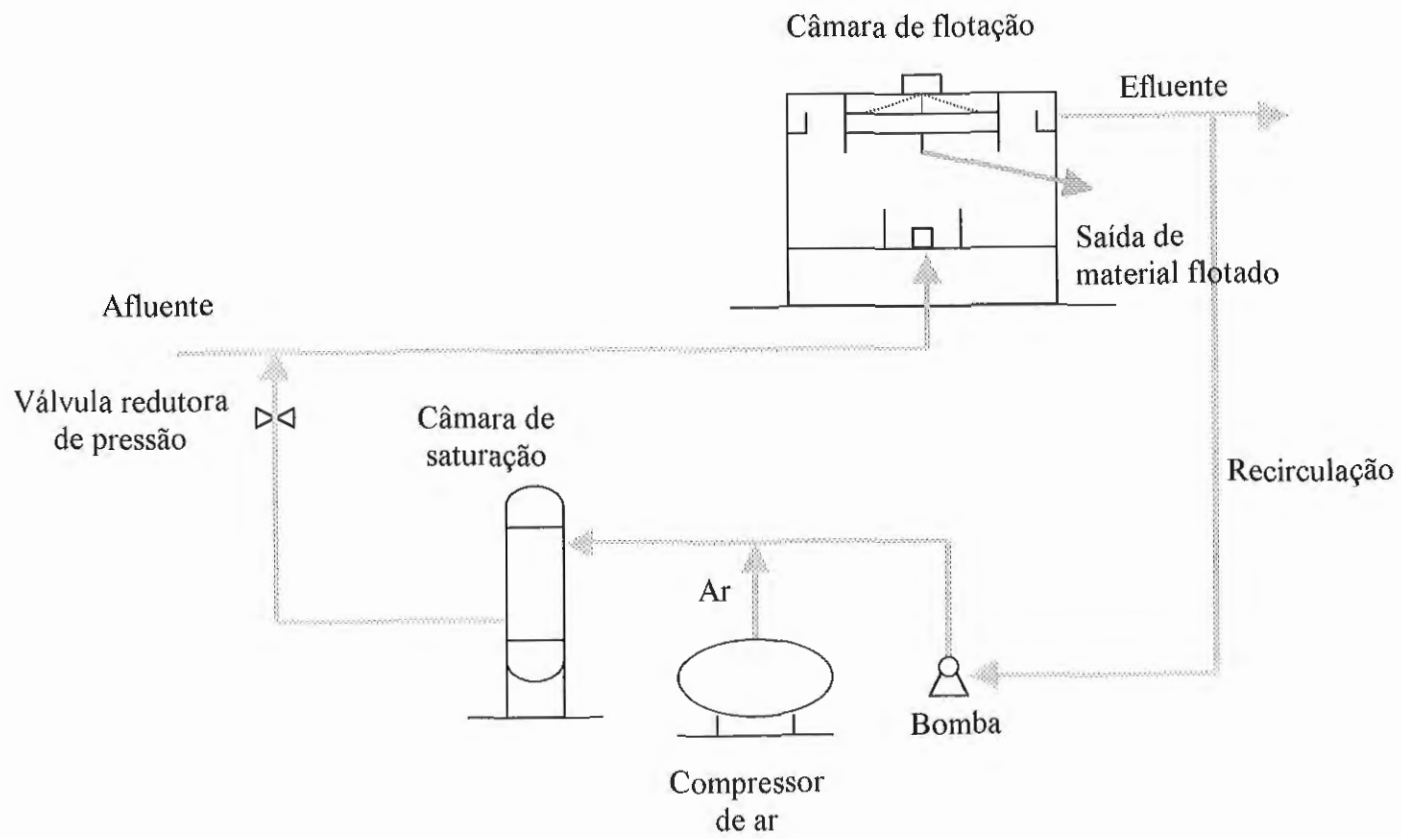


FIGURA 3.3 – Esquema de instalação por ar dissolvido com recirculação pressurizada.

Fonte: Adaptada de REALI (1994).

REALI (1991) com base em estudos das condições “ótimas” de coagulação para flotação, em água com cor elevada e baixa turbidez, recomenda a realização de ensaios com equipamento de flotateste, ou por meio de testes com unidade de flotação em escala real ou unidade piloto. O tratamento químico eficiente é fundamental para obtenção de floculação adequada.

ZABEL (1984) comenta que na floculação, a agitação fornecida deve ser suficiente para promover a colisão das partículas primárias visando o crescimento do floco. O tempo de floculação depende das características da água bruta, em geral, assume valores entre 12 a 20 minutos.

AMIRTHARAJAH (1989) estudou a eficiência dos valores de gradiente médio de velocidade para mistura rápida ( $G_{mr}$ ) com aplicação de cloreto férrico (coagulante), em partículas com tamanho médio de  $3\mu\text{m}$  e  $6\mu\text{m}$ . Indica valores de gradiente médio de velocidade de mistura rápida entre  $400$  e  $650\text{ s}^{-1}$  e tempo de mistura rápida entre  $30$  e  $60\text{ s}^{-1}$ . O autor lembra que valores elevados de gradiente médio de velocidade de mistura rápida podem provocar quebra dos flocos, diminuindo a eficiência da coagulação/floculação.

Com isso, os valores adotados durante todo o processo do “Flotateste” para gradiente médio de velocidade de mistura rápida ( $G_{mr}$ ) foi de  $800\text{ s}^{-1}$  e para tempo de mistura rápida ( $T_{mr}$ ), 20 segundos.

REALI & DOMBROSKI (1996) estudaram a influência do gradiente médio de velocidade e tempo de floculação, para água de abastecimento em escala de laboratório. Após otimização da dosagem de coagulante e pH de coagulação, tempo e gradiente médio de velocidade de mistura rápida, quantidade de ar fornecido, pesquisaram tempos de floculação de 2; 4; 8; 12; 16; 20; 24 e 30 minutos para gradiente médio de velocidade de floculação de 20; 40; 60; 80 e  $100\text{ s}^{-1}$ .

BRATBY & MARAIS (1976) em estudo comparativo de eficiência entre métodos de dissolução de ar, recomendam que não se trabalhe com pressões relativas abaixo de 300 kPa, pois há queda de eficiência na câmara de saturação.

REALI & CAMPOS (1992) estudaram o desempenho de uma câmara de saturação com recheio composto por PVC, e observaram bom desempenho da câmara para pressões entre 200 e 450 kPa.

REALI (1994), propõe que antes de se adotar valores elevados de fração de recirculação, seja maximizada a pressão de operação na câmara de saturação. Esse procedimento é importante para unidades de clarificação de alguns tipos de água residuárias, onde podem ser requeridos valores elevados de recirculação, em alguns casos acima de 50%, devido a necessidade de fornecimento de grande quantidade de ar ao processo. Pressões

elevadas produzem bolhas menores, entretanto acima de 500 kPa, o aumento da pressão de saturação tem pouco efeito sobre as bolhas. Na prática, para se garantir pequena bolhas (apropriadas ao FAD), é recomendável que a câmara de saturação opere com pressão na faixa de 350 a 600 kPa.

### 3.6 Sistemas de Flotação por Ar Dissolvido no Tratamento de Efluentes Líquidos de Indústrias Alimentícias

CAMPOS & REALI (1996) têm empregado flotação por ar dissolvido para tratamento de diferentes tipos de efluentes, com excelentes resultados para abatedouros (aves, suínos e bovinos), indústria de laticínios, indústrias de conservas vegetais, entre outras.

RUSTEN<sup>5</sup> apud BORUP & MUCHMORE (1992) sugerem como alternativa para remoção de DQO, em torno de 67 e 90% e uso de sistema de flotação por ar dissolvido, como pré-tratamento. O experimento foi realizado em escala piloto utilizando “jar-test” para adequar as condições de coagulação e floculação para efluentes de indústrias de alimentos.

KASAPGIL et al (1994) estudaram o sistema de flotação por ar dissolvido e digestão anaeróbia, como alternativas de pré-tratamento de efluentes de laticínios tratados aerobicamente, e compararam a eficiência de remoção de DQO, DBO, Sólidos Suspensos e custo operacional. Na Tabela 3.15 estão apresentados os resultados das análises econômicas entre os dois processos estudados.

TABELA 3.15 - Custo estimado para Unidade de Flotação por Ar Dissolvido (F.A.D)e Filtro Anaeróbio de Fluxo Ascendente (F.A.F.A).

Processo	Custo de Investimento (£)	Custo Operacional (£/Ano)				Custo Total (£/Ano)
		Polím. A	Polím. B	Disposição lodo	Manut.	
F. A. D	90.000	72.000		70.000		142.000
			64.000	53.000		117.000
F. A. F. A	800.000				20.000	20.000

Fonte: KASAPGIL et al. (1994).

<sup>5</sup>RUSTEN, B. et al..(1990). *Coagulation as Pretreatment of Food Industry Wastewater*. *Water Science Technology*. G.B.,22, 9, 1. apud BORUP, M.B.; MUCHMORE, D.R. (1992). *Food processing waste. Water Enviroment Research. Journal WPCF*, v.63, n.4, p.413-415, jun.

BLANC & NAVIA (1991), investigaram coagulação química para tratamento de efluentes de laticínios, utilizando sulfato de alumínio, cloreto férrico e sulfato ferroso. A coagulação química com cloreto férrico, indicou ser a opção mais viável economicamente em termos de dosagem e eficiência de remoção. A eficiência de remoção de DBO ficou em torno de 70 e 75%, a DQO entre 67 e 75% e Sólidos Suspensos entre 83 e 98%, para as dosagens de cloreto férrico analisadas.

Efluentes líquidos e sólidos de abatedouros de aves, bovinos e da indústria pesqueira e laticínios são constituídos basicamente por matéria orgânica rica em gordura, proteína e carboidrato (GRANT, 1976). O mesmo autor sugere sistema de floculação e flotação por ar dissolvido para recuperação de proteínas.

Com base em diversos trabalhos publicados por pesquisadores, pode-se concluir que a flotação por ar dissolvido adapta-se muito bem ao sistema de tratamento de efluentes de grande parte das indústrias alimentícias.



## 4. MATERIAL E MÉTODOS

### 4.1 Considerações Iniciais

De início, foi realizado levantamento dos sistemas de tratamento das indústrias em estudo. A partir do fluxograma de cada sistema, foi possível definir os pontos de coleta das amostras líquidas e quantificar as vazões tratadas e os produtos químicos utilizados.

A Figura 4.1, apresenta esquematicamente o procedimento adotado, em cada indústria, para este estudo.

Conforme os objetivos propostos, caracterizar e analisar a potencialidade do uso do lodo gerado em sistema de flotação como suplemento alimentar de bovinos, as atividades de estudo do trabalho foram conduzidas em três fases distintas.

A primeira fase foi direcionada para a coleta de amostras do afluente do sistema de flotação por ar dissolvido, em operação nas indústrias. Foram realizadas três coletas de 24 horas, duas na indústria de conservas e uma na indústria de laticínios, coletando-se amostras pontuais em intervalos de hora em hora. A partir das amostras pontuais foi elaborada amostra composta em função da vazão do efluente bruto industrial (entrada no sistema de tratamento).

Na segunda fase, foram realizados os ensaios de tratabilidade do efluente bruto (amostra composta) em laboratório, por meio de flotação por ar dissolvido. A instalação com a qual foram realizados os ensaios de tratabilidade, é constituída por um sistema de bancada para coagulação-floculação (“jar-test”)/flotação (flotateste), por ar dissolvido com vazão de recirculação ajustável. Para promover a coagulação da amostra composta, foi utilizado cloreto férrico comercial. Dependendo do reagente empregado na indústria e do pH inicial da amostra, utilizou-se barrilha ou ácido clorídrico, para se adequar o valor de pH de coagulação, e para se obter os melhores resultados para floculação.

As etapas que compreendem o roteiro de ensaios de tratabilidade, utilizando o flotateste, foram propostas pelos pesquisadores, REALI & CAMPOS (1999), baseados em vários trabalhos publicados e experiências na área. Para os ensaios, foram avaliados os seguintes parâmetros: dosagem de cloreto férrico (DCF), pH de coagulação ( $\text{pH}_{\text{coag.}}$ ), tempo

de floculação ( $T_f$ ); gradiente médio de velocidade de floculação ( $G_f$ ), tempo de mistura ( $T_{mr}$ ), gradiente médio de velocidade de mistura ( $G_{mr}$ ), vazão de recirculação ( $Q_r$ ), pressão na câmara de saturação ( $P_{sat}$ ), velocidade de flotação ( $V_{flot}$ ).

Com base nas citações ZABEL (1995), REALI (1991), para o estudo da primeira etapa referente aos ensaios de tratabilidade (coagulação), adotou-se uma faixa de valores de DCF e pH específica para cada coleta, com a finalidade de adquirir a floculação mais adequada ao efluente analisado.

Os valores estipulados na segunda etapa dos ensaios de tratabilidade para avaliar o gradiente médio de velocidade de floculação ( $G_f$ ) em: 40, 60 e 80  $s^{-1}$  e para o tempo de floculação ( $T_f$ ): 1, 3, 6 e 12 minutos, foram baseados nos experimentos de ZABEL (1984), AMIRTHARAJAH (1989), REALI & DOMBROSKI, (1996).

Segundo procedimentos observados em BRATBY & MARAIS (1976), REALI & CAMPOS (1992), REALI (1994), adotou-se para o desenvolvimento da segunda fase do trabalho, pressão relativa na câmara de saturação de 450 kPa, e valores de fração de recirculação (terceira etapa da segunda fase dos ensaios de tratabilidade) de 20, 30, 40, 50, 60, 70% em volume.

Os ensaios de coagulação-floculação-flotação foram executados em três etapas distintas:

- Primeira Etapa: foram realizados vários estudos visando a obtenção das condições mais adequadas de dosagem de cloreto férrico (DCF) e pH de coagulação ( $pH_{coag}$ ). Foram testadas DCF entre 0 e 225 mg/l e  $pH_{coag}$  entre 5,5 e 8,0. Os demais parâmetros operacionais foram mantidos constantes sendo: tempo de floculação ( $T_f$ ); gradiente médio de velocidade de floculação ( $G_f$ ), vazão de recirculação ( $Q_r$ ), tempo de mistura ( $T_{mr}$ ), gradiente médio de velocidade de mistura ( $G_{mr}$ ), pressão na câmara de saturação ( $P_{sat}$ ), velocidade de flotação ( $V_{flot}$ ), sendo que para cada ensaio foram coletadas cinco amostras em diferentes velocidades de flotação: 5,0 cm/min, 10,0 cm/min, 15,0 cm/min, 20,0 cm/min e 25,0 cm/min).
- Segunda Etapa: variou-se o tempo de floculação ( $T_f$ ) e o gradiente médio de velocidade de floculação ( $G_f$ ). Foram testados  $T_f$  de 1, 3, 6 e 12 minutos e  $G_f$  de 40, 60 e 80  $s^{-1}$ ; os valores de DCF e o  $pH_{coag}$  foram adotados a partir dos resultados obtidos na primeira etapa; os outros parâmetros foram mantidos constantes (ver Figura 4.2).
- Terceira Etapa: a fração de recirculação foi variada de 20, 30, 40, 50, 60, 70% em volume, com o objetivo de se investigar a melhor quantidade de ar fornecida ao sistema de flotação. Para a DCF e  $pH_{coag}$  adotou-se os valores obtidos na primeira etapa;  $T_f$  e  $G_f$  foram estipulados a partir da segunda etapa e os demais parâmetros operacionais foram mantidos constantes (ver Figura 4.2).

Como parâmetros de monitoramento do flotatesto na segunda fase, foram medidos: pH e temperatura do efluente coagulado, cor aparente e turbidez das amostras coletadas nos reatores do flotatesto em diferentes velocidades de flotação e DQO da amostra coletada à  $V_{\text{flot}}$  de 10,0 cm/min. A Figura 4.2 indica a seqüência das etapas do ensaio de tratabilidade para a determinação das condições adequadas ao processo.

Para o procedimento de trabalho das duas primeiras fases, foi desenvolvido um roteiro de ensaio contendo os pontos principais a serem seguidos. Esse roteiro está apresentado no Anexo A, página 173.

Após a obtenção das condições adequadas de coagulação, floculação e quantidade de ar fornecida para a flotação do efluente, foram realizados ensaios adicionais, nessas condições, visando a obtenção de volume de lodo (após flotação) necessário às análises de caracterização e de digestibilidade. Os ensaios “otimizados” foram realizados nas próprias indústrias, seguindo o mesmo procedimento de coleta discriminado na primeira fase. Para obtenção do volume de lodo, foi utilizado um tambor de ferro com capacidade de 200 litros, um agitador adaptado para promover a mistura da amostra composta e um cano com bico difusor conectado à câmara de saturação (“in loco”) para a simulação da flotação.

A terceira fase foi destinada para a caracterização física, físico-química e biológica dos efluentes bruto, clarificado, coagulado e do lodo. Os parâmetros determinados para a análise dos efluentes foram: pH, Temperatura, Turbidez, Cor Aparente, Demanda Química de Oxigênio (DQO), Sólidos Totais (ST), Sólidos Totais Fixos (STF), Sólidos Totais Voláteis (STV), Sólidos Suspensos Totais (SST), Sólidos Suspensos Fixos (SSF), Sólidos Suspensos Voláteis (SSV), Sólidos Dissolvidos Totais (SDT), Sólidos Dissolvidos Fixos (SDF), Sólidos Dissolvidos Voláteis (SDV), Sólidos Sedimentáveis (SS), Extrato Etéreo (EE), Nitrogênio Orgânico, Nitrogênio Amônia, Minerais (Ca, Mg, P, K, S, Zn, Pb, Cd, Ni, Fe, Mn, Cu, Cr, Al). Para o lodo os parâmetros foram os seguintes: Matéria Seca (MS), Extrato Etéreo (EE), Nitrogênio Orgânico, Nitrogênio Amônia, Proteínas, Minerais (Ca, Mg, P, K, S, Zn, Pb, Cd, Ni, Fe, Mn, Cu, Cr, Al), Fibra Detergente Neutro (FDN) e Fibra Detergente Ácido (FDA), Lignina, Celulose, Cinza Insolúvel em Detergente Ácido (CIDA), Digestibilidade “in vitro” (DIV).

As análises e determinações referentes aos Sólidos, DQO e Alcalinidade, foram realizadas no Laboratório de Processos Anaeróbios da Escola de Engenharia de São Carlos, e as demais, procedidas no laboratório de Nutrição Animal da Embrapa Pecuária Sudeste - Fazenda Canchim, com sede em São Carlos, sob a supervisão e orientação do Prof. Dr. Aliomar Gabriel da Silva.

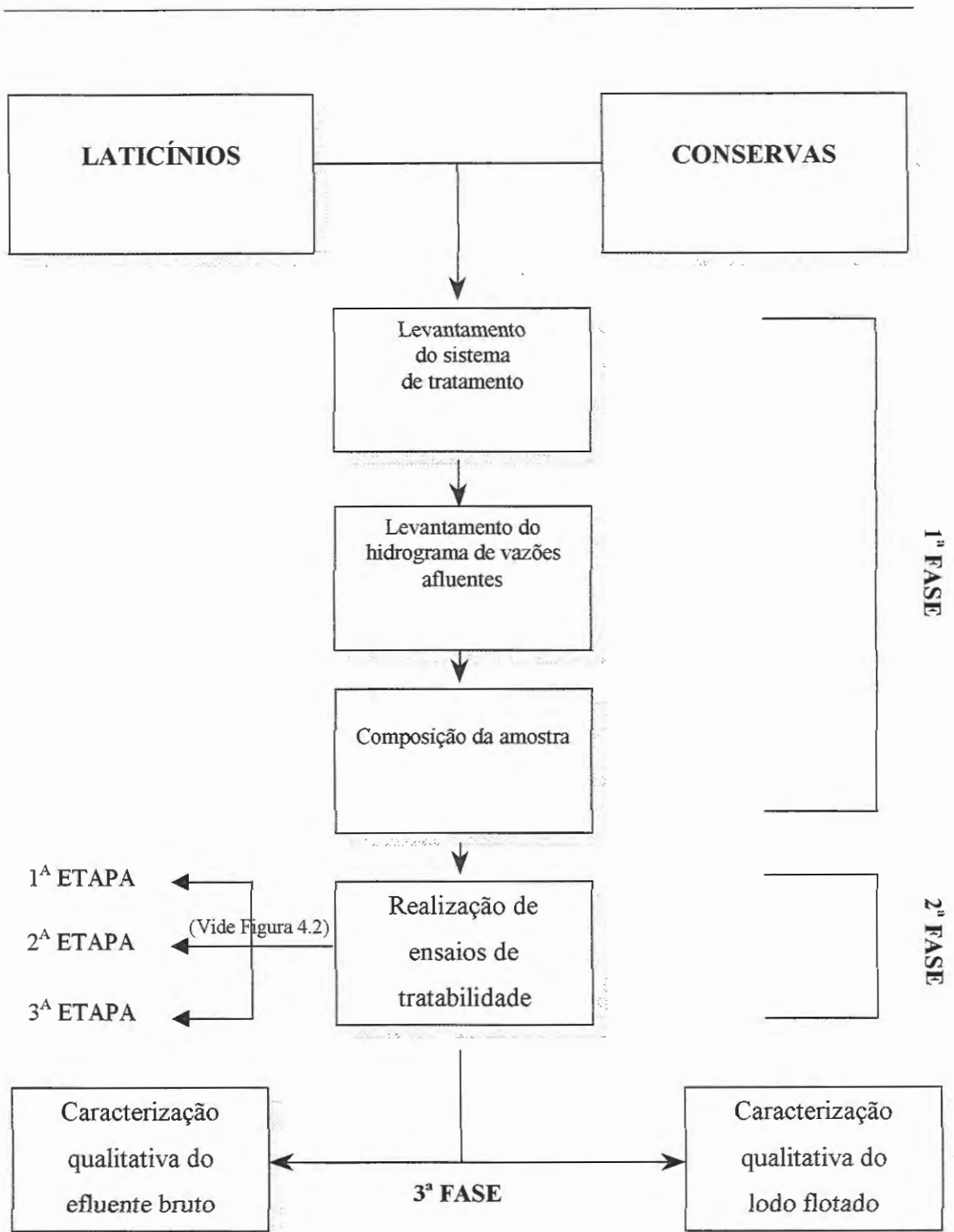


FIGURA 4.1 – Fluxograma do procedimento experimental aplicado às indústrias de conservas alimentícias e laticínios.

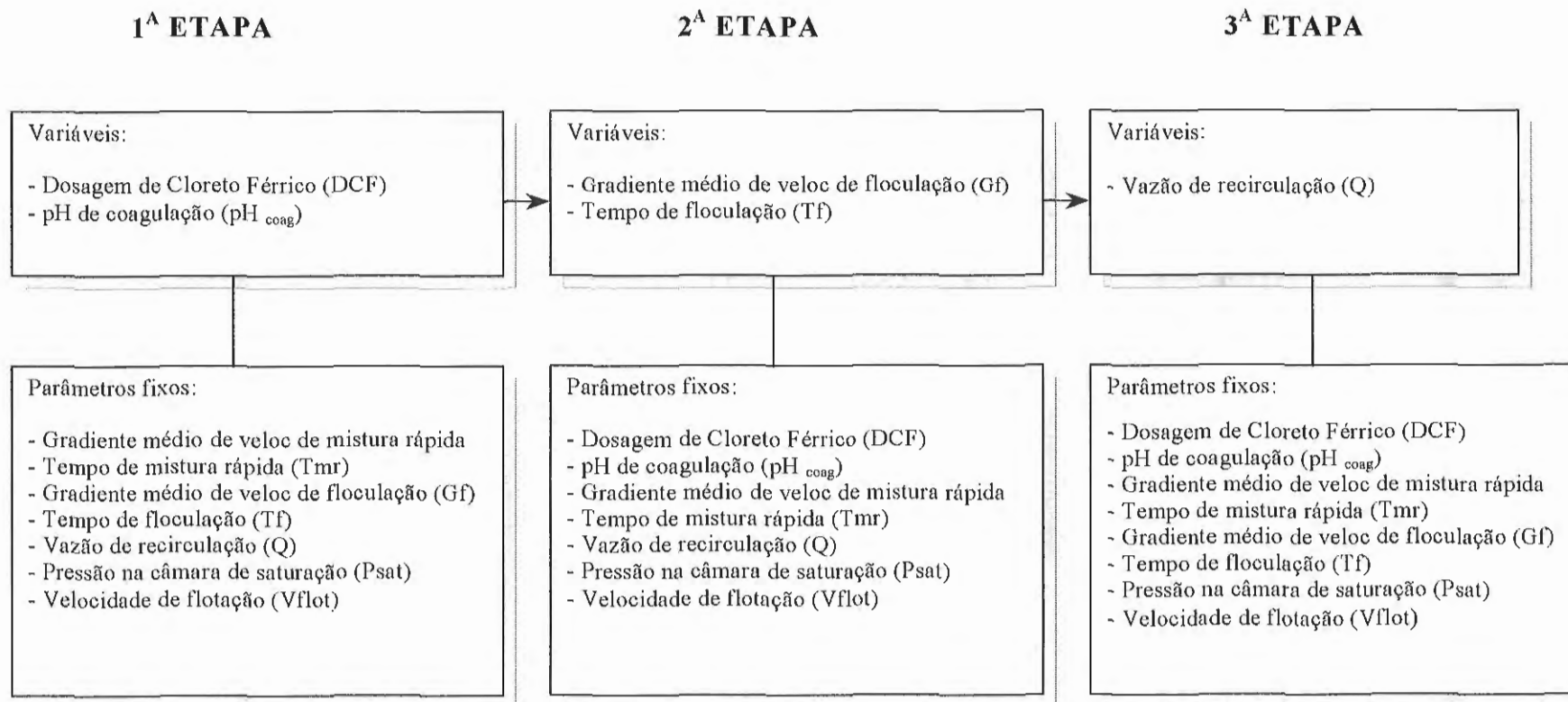


FIGURA 4.2 – Fluxograma do método adotado para os ensaios de coagulação-floculação-flotação, realizados na segunda fase experimental, utilizando cloreto férrico no tratamento físico químico de efluentes industriais.

## 4.2 Descrição das Indústrias que foram Objeto de Pesquisa

As indústrias que colaboraram para a realização deste trabalho foram: a indústria de conservas alimentícias CIRIO BRASIL ALIMENTOS S.A, situada em Taquaritinga - SP e a indústria de laticínios COOPERATIVA DE LATICÍNIOS DE SÃO CARLOS E RIO CLARO - COLASCRIC, localizada na cidade de São Carlos - SP.

### 4.2.1 Indústria de laticínios – COLASCRIC

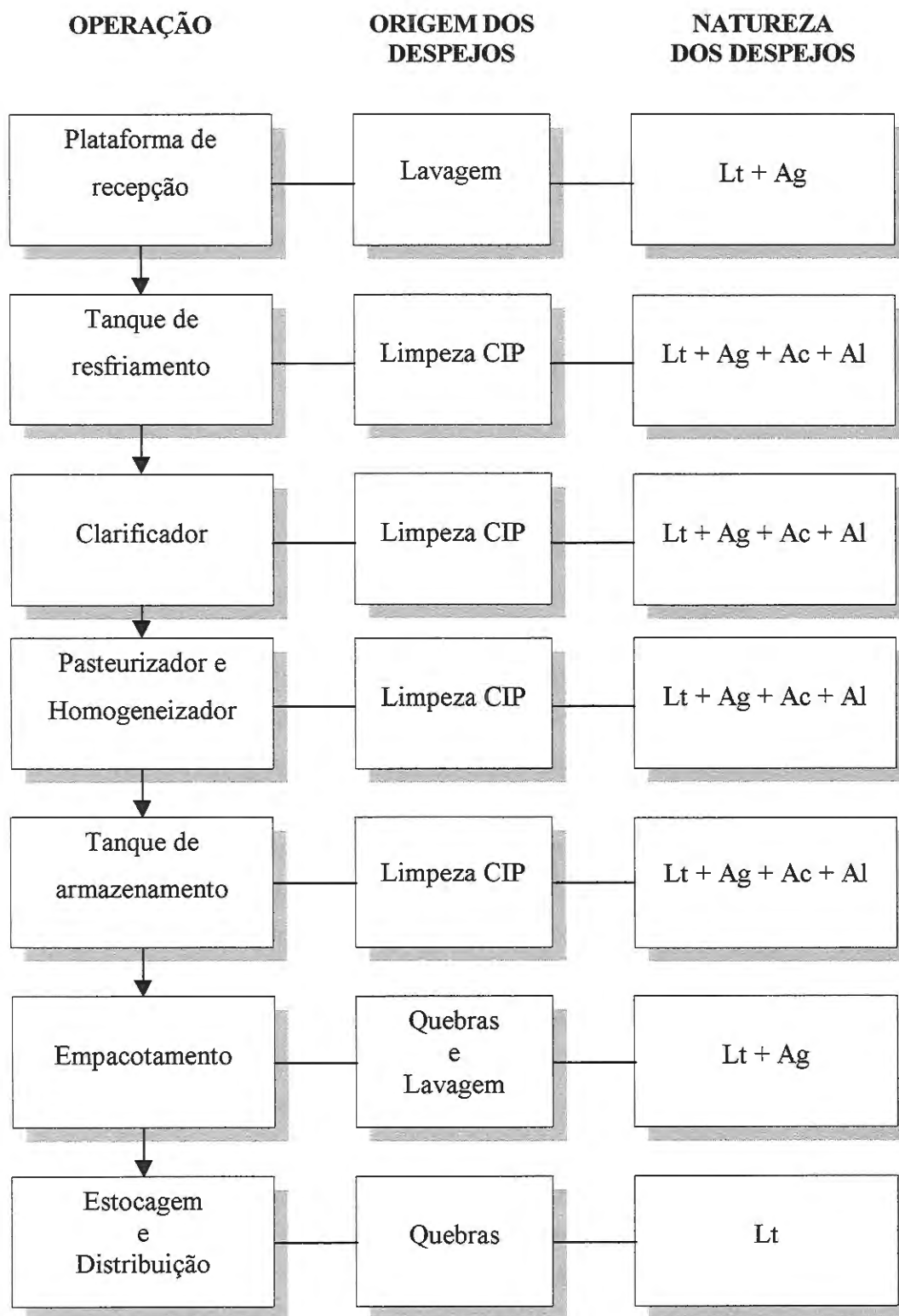
As indústrias de laticínios correspondem a 32% do mercado brasileiro no âmbito das indústrias de alimentos. Em 1994, o consumo de lácteos no Brasil era de 100 a 110 l/habitante por ano (IBGE, 1997), muito abaixo do índice recomendado pela Organização Mundial da Saúde (180 litros *per capita*/ano). Atualmente o consumo de leite no Brasil é de 140 l/habitante por ano (IBGE, 1997), essa estatística é reflexo do aumento da participação de leite e derivados no consumo calórico total dos brasileiros. A variedade de produtos que esse segmento desenvolve é grande e compreende desde os diversos tipos de leite (pasteurizados, esterilizados, fortificados, aromatizados) até a linha de derivados, como: queijo, iogurte, danones, manteiga, sorvetes, etc.

A COLASCRIC é uma cooperativa, fundada em 1937, na cidade de São Carlos - SP, com mais duas unidades situadas em Ribeirão Bonito - SP e em Rio Claro - SP. A matriz em São Carlos – SP, recebe em torno de 37.000 litros de leite/dia e produz cerca de 19.000 litros de leite tipo C/dia. Os produtos industrializados pela cooperativa são: leite tipo C, leite tipo B, queijo frescal, queijo parmesão, queijo mussarela e manteiga.

Em termos de mercado, a indústria tem grande representatividade na região de São Carlos: Araraquara, Descalvado, Piracicaba, Porto Ferreira e Ribeirão Bonito, no estado de São Paulo.

A COLASCRIC funciona cerca de 10 horas, por dia. A operação é iniciada às 3:00 horas com a pasteurização do leite resfriado e é finalizada com a limpeza CIP (“clean in place”) dos equipamentos, às 13:00 horas.

Com o auxílio de diagrama de blocos, as operações envolvidas na linha de processamento do leite, origem e natureza dos despejos, podem ser visualizados na Figura 4.3.



Lt: Leite; Ag: Água; Ac: Ácido; Al: Álcali

FIGURA 4.3 – Fluxograma da linha de processamento de leite pasteurizado, origem e natureza dos despejos da COOPERATIVA DE LATICÍNIOS DE SÃO CARLOS E RIO CLARO.

### Discriminação das etapas

RECEPÇÃO: O leite cru é transportado por caminhões-tanque, no caso de grandes produtores, ou em latões de alumínio por pequenos produtores. O leite é descarregado na plataforma de recepção e pesado. Os latões são imediatamente colocados na esteira transportadora para o túnel de lavagem. Dentro do túnel os latões são aquecidos, esterilizados com solução contendo álcali e cloro, e secos. A higienização dos caminhões é feita com a mesma solução dos latões. Concomitantemente à recepção do leite, são realizados os seguintes testes de controle de qualidade na matéria-prima:

- Cloretos: com o qual se identifica contaminação com sal e problemas de mastite com o animal ;
- Peroxidase: identifica a presença de peróxido de hidrogênio (conservante);
- Alizarol: mede o nível de acidez;
- Densidade: mede o peso específico do leite (verificação de fraude);
- Redutase: mede o nível de contaminação microbiológica;
- CTT: identifica a presença de antibiótico;
- Coliformes: identifica a presença ou ausência de coliformes fecais.

RESFRIAMENTO: O leite passa por trocador de calor (por placas) e fica armazenado no tanque de resfriamento à temperatura de 2°C até o início do processamento. O gás refrigerante utilizado nas tubulações e equipamentos é o gás amoníaco.

CLARIFICAÇÃO: Depois de resfriado, o leite passa por uma centrífuga onde é clarificado e padronizado. Esse equipamento permite remover partículas mais densas como restos celulares, leucócitos e substâncias estranhas indesejáveis, além de ajustar a concentração de matéria graxa presente no leite (desnate).

PASTEURIZAÇÃO E HOMOGENIZAÇÃO: A pasteurização é feita para aumentar a vida útil do produto. O binômio, tempo versus temperatura, visa a destruição de microrganismos patogênicos. O produto é pasteurizado por 15 segundos à temperatura de 76°C. Em seguida, o leite é homogeneizado ainda quente (40°C) para facilitar a dispersão uniforme da matéria graxa no líquido.



**ARMAZENAMENTO:** Durante o tempo precedente ao envase, o produto é armazenado em tanque encamisado refrigerado a 4°C. Apesar de a temperatura ser baixa, não é recomendável que o produto permaneça muito tempo devido à contaminação por bactérias psicrotólicas. Normalmente o leite permanece no máximo 24 horas.

**EMPACOTAMENTO:** O leite é envasado em embalagens plásticas (polipropileno) de um litro e acondicionadas em engradados plásticos.

**ESTOCAGEM E DISTRIBUIÇÃO:** O produto é armazenado em câmara fria à temperatura de 6°C e distribuído em caminhões-baú isolados termicamente.

**LIMPEZA:** A higienização dos equipamentos é feita após todo o leite ser processado. A técnica de limpeza adotada pela indústria é o sistema CIP (“clean in place”). A limpeza inicia-se com a “sangria” dos equipamentos, ou seja, um enxágüe completo da linha para remover o excesso de leite nos equipamentos. Em seguida, é circulada uma solução ácida por 20 minutos. Logo após, é feito enxágüe com água limpa. Seguem mais 20 minutos, circulando solução alcalina e, finalmente, um enxágüe com água limpa por 10 minutos.

### **Levantamento do Sistema de Tratamento de Efluentes Líquidos da Indústria de Laticínios (COLASCRIC)**

Os efluentes líquidos da indústria de laticínios são gerados principalmente nas etapas de lavagem de equipamentos, pisos e utensílios, quebra de embalagens contendo leite e perdas nas enpacotadeiras (problema na dosadora).

Esse efluente é considerado altamente poluente devido à presença de gordura, carboidratos e proteínas o que reflete em elevadas cargas de DBO e DQO.

Na Cooperativa de Laticínios, foi obtido o histograma das vazões dos efluentes líquidos e a partir dele procedeu-se a pré-caracterização de amostras compostas do efluente líquido e do lodo flotado.

O sistema de tratamento dessa indústria é constituído de uma caixa de areia, calha Parshall para determinação de vazão, tanque de equalização, tanque de dosagem de produtos químicos (coagulante e cal) e flotor por ar dissolvido para remoção de sólidos suspensos e gordura.

A Figura 4.4 apresenta o fluxograma do sistema de tratamento de efluentes da indústria de laticínios, e nas Figuras 4.5, 4.6 e 4.7 estão ilustradas as unidades operacionais que compõem o sistema.

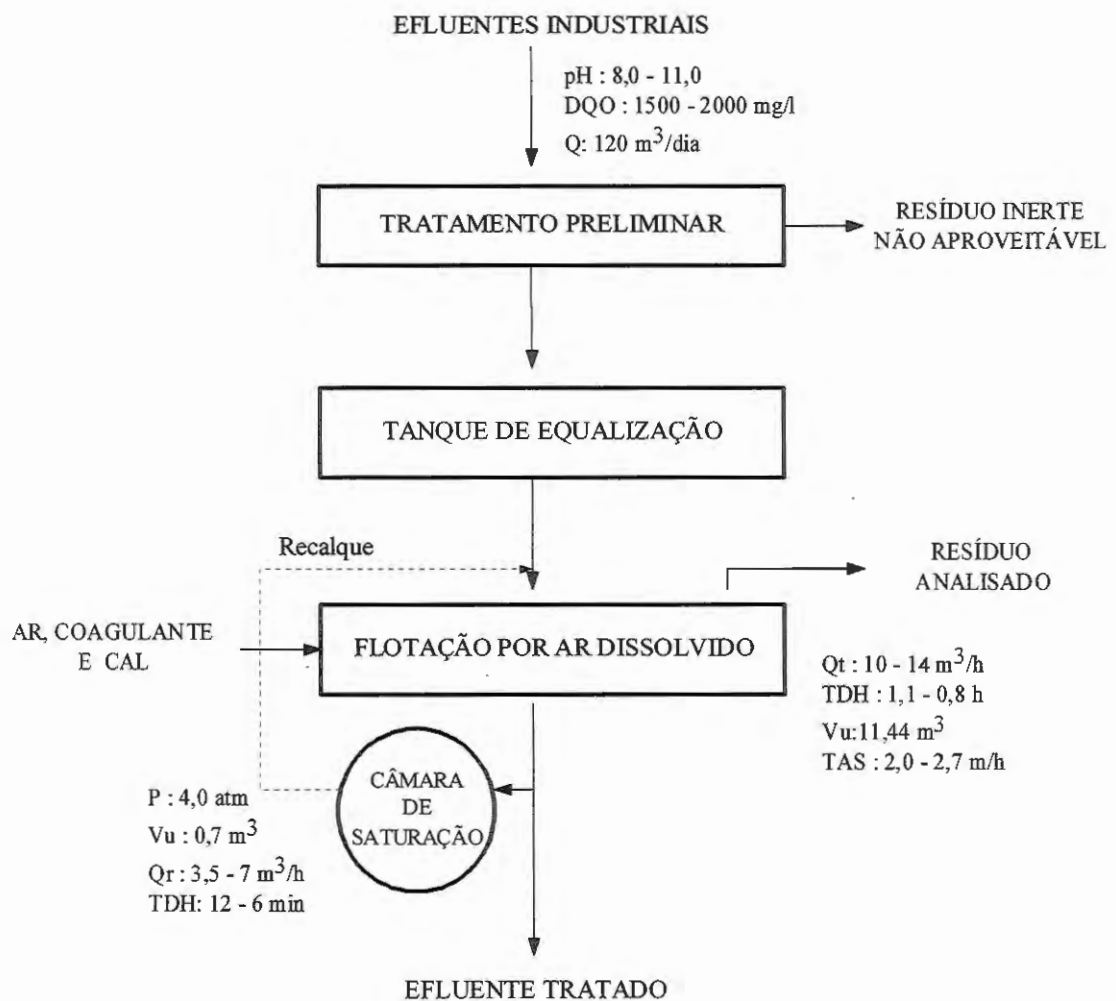
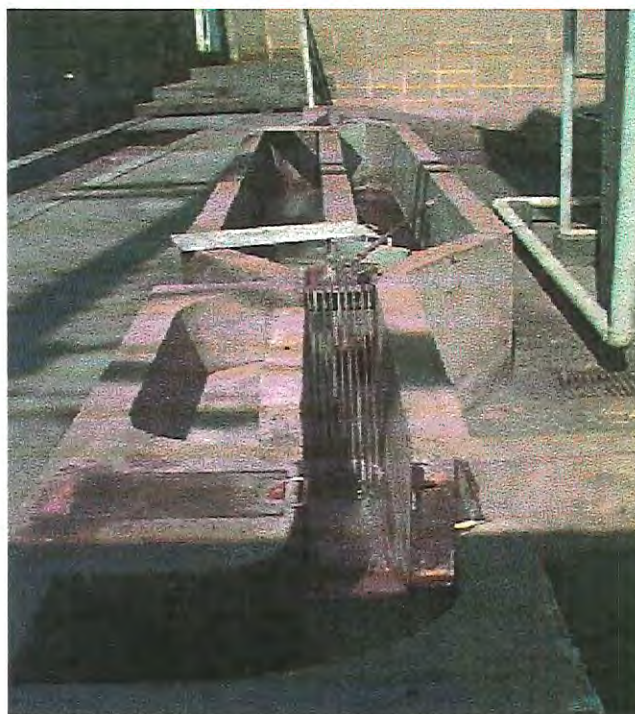
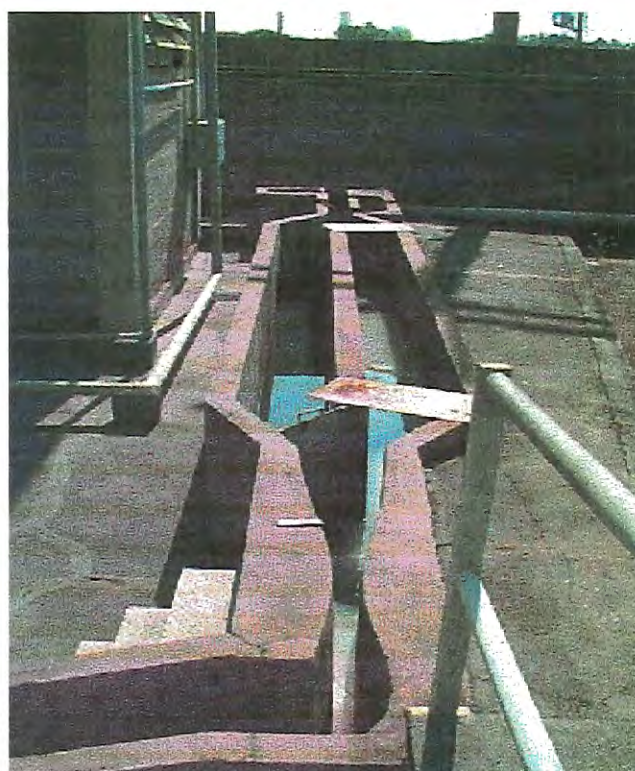


FIGURA 4.4 – Fluxograma simplificado do Sistema de tratamento de Efluentes Líquidos da Indústria de Laticínios, COLASCRIC – São Carlos – SP.



**A - Grade e Caixa de Areia**



**B – Caixa de Areia e Calha Parshal**

FIGURA 4.5 – Tratamento Preliminar do Sistema de Tratamento de Efluentes da Indústria de Laticínios.



**A - Unidade de Flotação: Flotador e Câmara de Saturação**



**B - Vista Superior do Flotador**

FIGURA 4.6 – Tratamento Físico-Químico do Sistema de Tratamento de Efluentes da Indústria de Laticínios.



**A – Vista lateral do flotador onde aparece a canalização de descarga do lodo superficial**



**B – Tanque de Equalização**

FIGURA 4.7 – Detalhamento da Unidade de Flotação e Tanque de Equalização do Sistema de Tratamento de Efluentes da Indústria de Laticínios

#### 4.2.2 Indústria de Conservas Alimentícias - CIRIO BRASIL ALIMENTOS S/A

A *Fábricas Peixe* foi fundada em 1898 com a produção de goiabada, na cidade de Pesqueira, estado de Pernambuco. Com o desenvolvimento de outros produtos, o extrato de tomate tornou-se o produto principal da empresa e o nome *Peixe* se difundiu para todo o território Brasileiro.

O controle acionário da indústria foi assumido por vários grandes grupos. Em 1969 Grupo Brascan; em 1975 - Grupo R. Mansur; em 1992 - Grupo Odebrecht; em fevereiro de 1998 - Grupo Bombril-Cirio.

A empresa atualmente possui três unidades operacionais, a fundadora em Pesqueira – PE, a unidade em Taquaritinga – SP onde o projeto de pesquisa foi desenvolvido e a *M.S. Alimentos S.A.*, em Nova Glória – GO, adquirida pelo grupo recentemente.

A indústria funciona normalmente em sistema de batelada, ou seja, de acordo com a disponibilidade de matéria prima e a demanda do mercado.

A produção é operada 6 dias por semana, de segunda-feira à sábado. A carga diária média é de 16 horas, sendo que na safra do tomate, as atividades se estendem por 24 horas. O regime de trabalho é dividido em três turnos:

- 1º turno: início às 6:00 h e término às 14:30 h;
- 2º turno: início às 14:30 h e término às 22:40 h;
- 3º turno: início às 22:40 h e término às 6:00 h.

A administração funciona cinco dias por semana, das 7:00 h às 11:00 h e das 12:30 h às 18:00 h.

Em suas instalações, são fabricados os seguintes produtos: ervilha em conserva, extrato de tomate, ketchup, molho de pimenta, molho inglês, mostarda, polpa pura, tomatelli ao sugo, tomatelli bolonhesa, tomatelli manjericão, tomatelli peneirado, tomatelli em pedaços, tomatelli salsa e cebolinha e toda linha *Cirio* de derivados de tomate. A goiabada, produto de tradição da empresa, passou a ser tercerizada. A quantidade produzida, referente a cada linha de trabalho, varia sensivelmente em função da demanda de mercado, da disponibilidade de matéria prima e da época de safra dos alimentos utilizados.

A unidade de Taquaritinga-SP possui área total de 72.116 m<sup>2</sup>; de área construída 12.907 m<sup>2</sup>; área livre 59.209 m<sup>2</sup>; área ocupada pelo sistema de tratamento 5.000 m<sup>2</sup>. A indústria dispõe de 250 funcionários dos quais 170 exercem atividades de produção e 80 de serviços relacionados com a administração (dados de junho de 1998).

As indústrias de conservas alimentícias trabalham intimamente vinculadas à demanda de produtos e à disponibilidade de matéria-prima, que por sua vez dependem do fator sazonal da safra dos vegetais fundamentais que serão processados. Dessa forma, fica praticamente impossível uma definição precisa da demanda de matéria-prima e produtos auxiliares envolvidos no processo. Os meses de maior pico de produção são de junho a novembro, na safra do tomate.

A Figura 4.8 apresenta em forma de diagrama de blocos, o fluxograma das operações industriais, para a linha de processamento de tomate e derivados.

#### Discriminação das etapas

**RECEPÇÃO:** Os frutos são transportados a granel em caminhões com carrocerias forradas com lona plástica. A descarga é feita em canaleta contendo água bruta captada do rio (1) ou recuperada da coluna semi-barométrica dos concentradores (10). Dessa forma os frutos são conduzidos para o início do processo por transporte hídrico.

**LAVAGEM:** Os frutos sofrem previamente banho de imersão em água potável borbulhante (injeção de ar) contendo 5 ppm de cloro (2). Nesta etapa a água bruta do transporte hídrico se mistura à água de lavagem no tanque. Após a pré-lavagem os frutos são transportados por esteiras de roletes e lavados em chuveiros com bicos “spray” com água potável (3).

**OBS.** Os despejos líquidos referentes às águas de lavagem e transporte hídrico (8), são conduzidos para a estação de tratamento de efluentes industriais.

**SELEÇÃO:** Em seguida os frutos são selecionados manualmente retirando-se aqueles em fase de deterioração ou verdes (12).

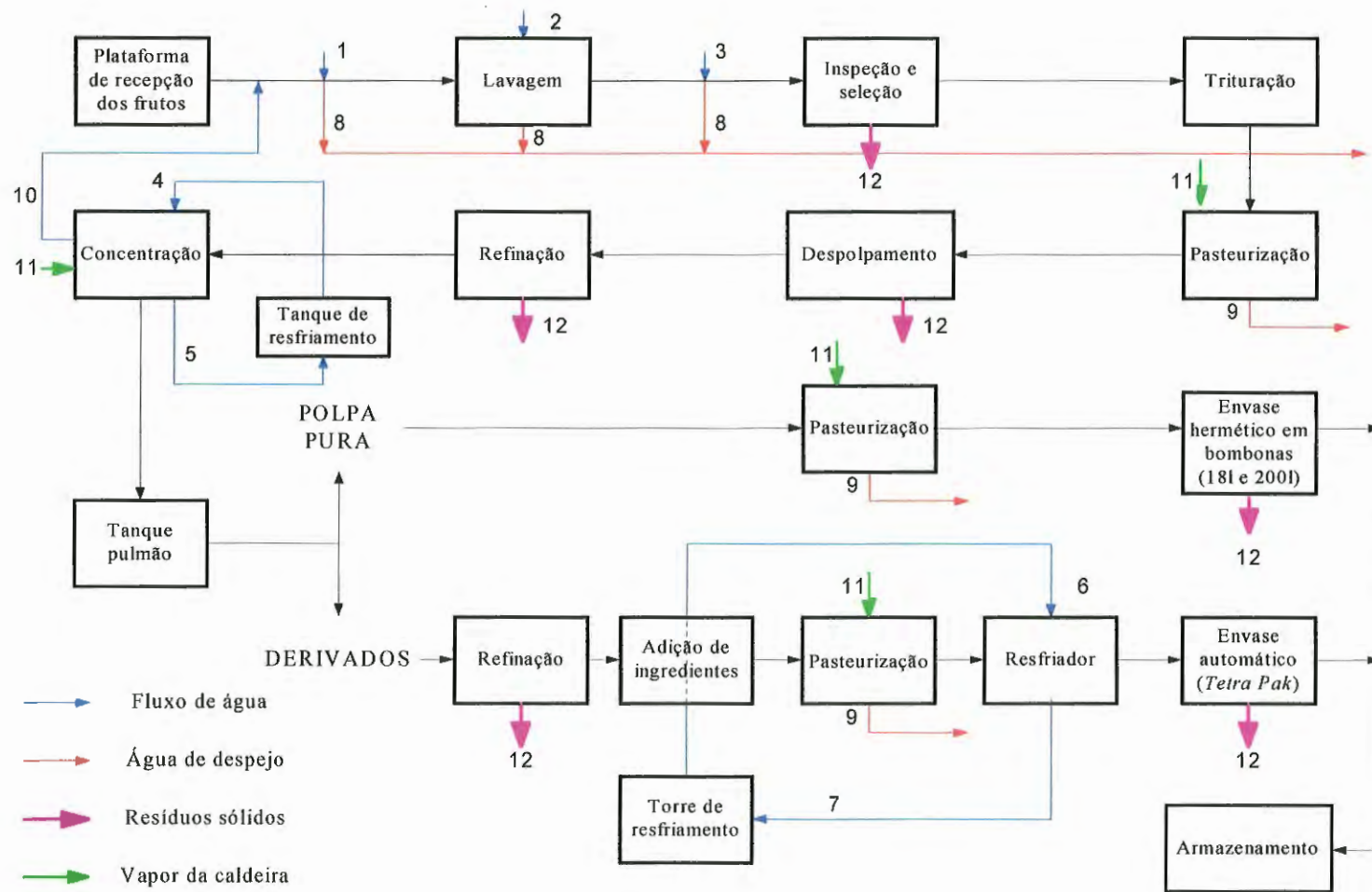


FIGURA 4.8 – Fluxograma do processamento de polpa de tomate e derivados e fluxo dos resíduos sólidos e líquidos gerados em cada etapa do processamento.



**TRITURAÇÃO E PASTEURIZAÇÃO:** Nesta fase, os frutos passam primeiramente por um triturador rotativo tipo pente, em seguida o produto fica temporariamente retido num tanque pulmão e finalmente segue para o pasteurizador tubular horizontal (binômio: 2' à 3'/84°C à 90°C) a fim de sofrer uma inativação enzimática. O calor é fornecido por vapor indireto (11) proveniente das caldeiras. O condensado obtido a partir do vapor, no pasteurizador, é reaproveitado com retorno para as caldeiras (9). No tanque pulmão, há uma recirculação parcial do produto pasteurizado, com o intuito de promover um pré aquecimento do fruto triturado acelerando o processo de inativação e amenizando a necessidade de fornecimento de vapor (calor).

**DESPOLPAMENTO:** Sistema composto por três centrífugas dispostas em série para a remoção de sementes e peles. Os resíduos sólidos (12) extraídos são doados para agricultores.

**REFINAÇÃO:** Quando a polpa utilizada possui consistência acima do padrão, o produto é encaminhado para uma centrífuga com tela de malha fina para o refino. Nesta etapa eliminam-se as impurezas e o material retido (12) nas telas da refinadeira é doado para agricultores.

**CONCENTRAÇÃO:** Após ser refinado o suco da fruta é bombeado para um tanque pulmão e daí então segue para os concentradores à vácuo. O concentrador de múltiplo estágio (*Titanus*), recebe vapor indireto (11) para aquecimento da serpentina na sua base. A coluna barométrica, acoplada ao *Titanus*, recircula a água quente (5) de saída através do tanque de resfriamento.

Nesta etapa o suco é concentrado à temperatura de 65 °C até o valor de concentração desejado que varia de acordo com o produto. A polpa para estoque é concentrada entre 20 e 22° Brix. Para ser transformada em seus derivados a polpa segue para a sala de preparo; passa por uma refinadeira (12) para homogeneização e nos tanques de preparo recebe os ingredientes necessários para a composição do produto final desejado.

ENVASE: Para ser envasada, a polpa passa por pasteurizador tubular durante dois minutos à temperatura de 90°C. Após a pasteurização, a polpa é envasada em embalagens de 18 l e bombonas de 200 l, ambas fechadas hermeticamente. As embalagens de 18 l são resfriadas à temperatura ambiente e as bombonas de 200 l são resfriadas em tanque contendo água potável à temperatura ambiente.

Os produtos derivados, após o preparo, passam por trocador de calor tubular horizontal onde são esterilizados durante quatro minutos à temperatura de 115°C e em seguida resfriados durante aproximadamente mais quatro minutos à temperatura ambiente. Após resfriado, o produto é dosado e acondicionado automaticamente em embalagens longa vida (equipamento da *Tetra Pak*).

ARMAZENAMENTO: A embalagem com polpa é acondicionada, e armazenadas para ser utilizada durante a entre safra. As embalagens *Tetra Pak* são acondicionadas manualmente em caixas de papelão e colocadas em pallets, que ficam armazenados na área de expedição até o momento do embarque.

Foi determinado o histograma das vazões dos efluentes líquidos da indústria de conservas, e a partir dele procedeu-se a pré-caracterização composta do efluente líquido industrial bruto, efluente líquido pós-tratamento preliminar (peneira), afluentes do flotor, afluentes do filtro anaeróbio de fluxo ascendente, efluente tratado e lodo flotado.

O sistema de tratamento dessa indústria é constituído por grade e caixa de areia, uma calha Parshall (desativada), conjunto de 4 peneiras estáticas, flotor por ar dissolvido para remoção de sólidos suspensos, e um filtro anaeróbio de fluxo ascendente. Existe uma bomba dosadora de cabeçote duplo entre a peneira e o flotor, para a adição em linha de barrilha e uréia. A barrilha tem a função de ajustar o pH em torno de 6 a 8 e a uréia serve como fonte de nitrogênio, ambas teoricamente essenciais para adequar as características do efluente ao filtro.

A Figura 4.9 mostra o fluxograma do sistema de tratamento de efluentes da indústria de conservas alimentícias, CIRIO BRASIL ALIMENTOS, e nas Figuras 4.10, 4.11 e 4.12 estão ilustradas as unidades operacionais que compõem o sistema.

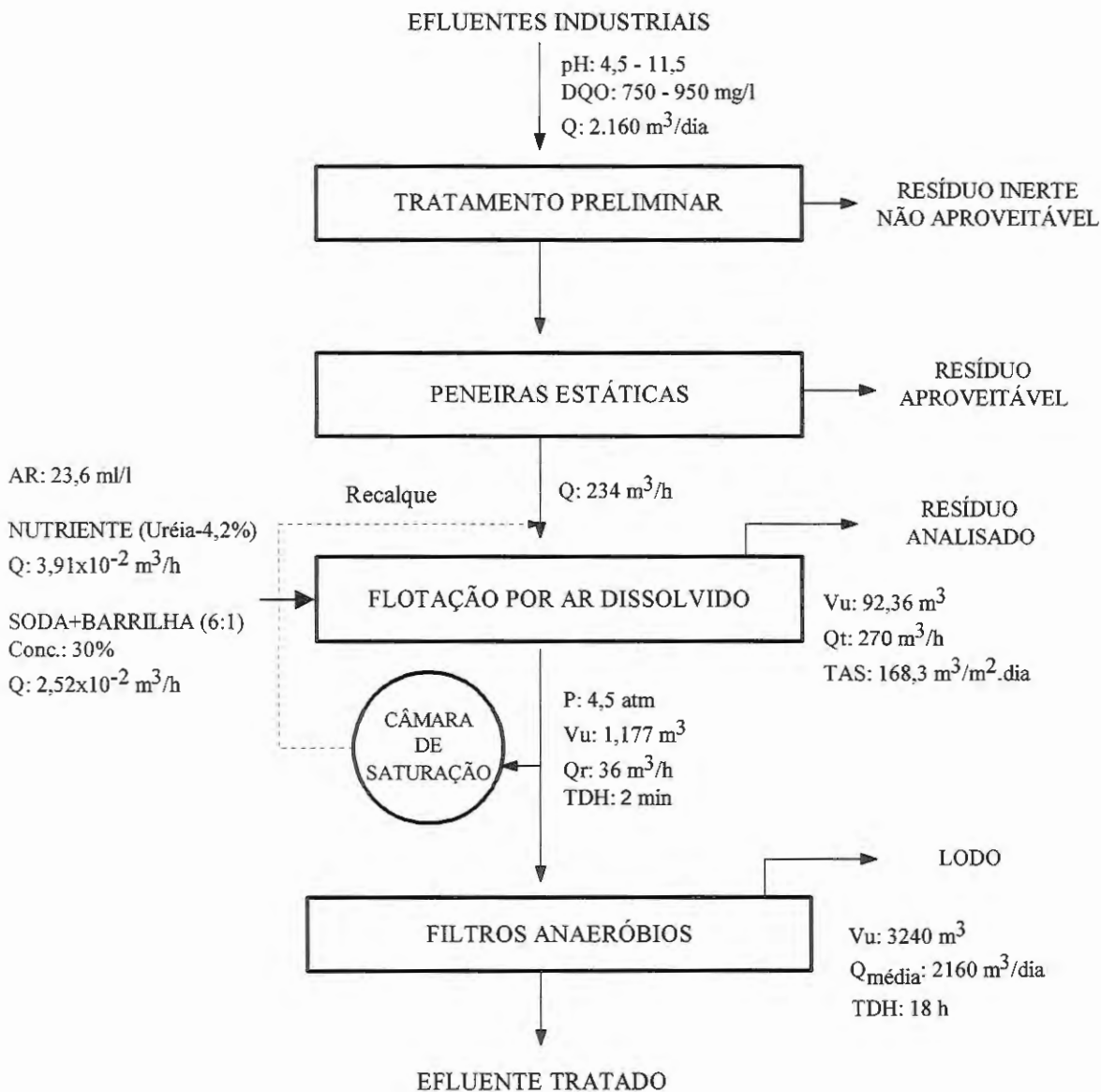


FIGURA 4.9 - Fluxograma simplificado do Sistema de Tratamento de Efluentes Líquidos da CIRIO BRASIL ALIMENTOS S/A - Taquaritinga - SP.



**A – Grade, Vertedor Retangular e Caixa de Areia**



**B - Peneiras Estáticas**

FIGURA 4.10 – Tratamento Preliminar do Sistema de Tratamento de Efluentes Líquidos da Indústria de Conservas Alimentícias.

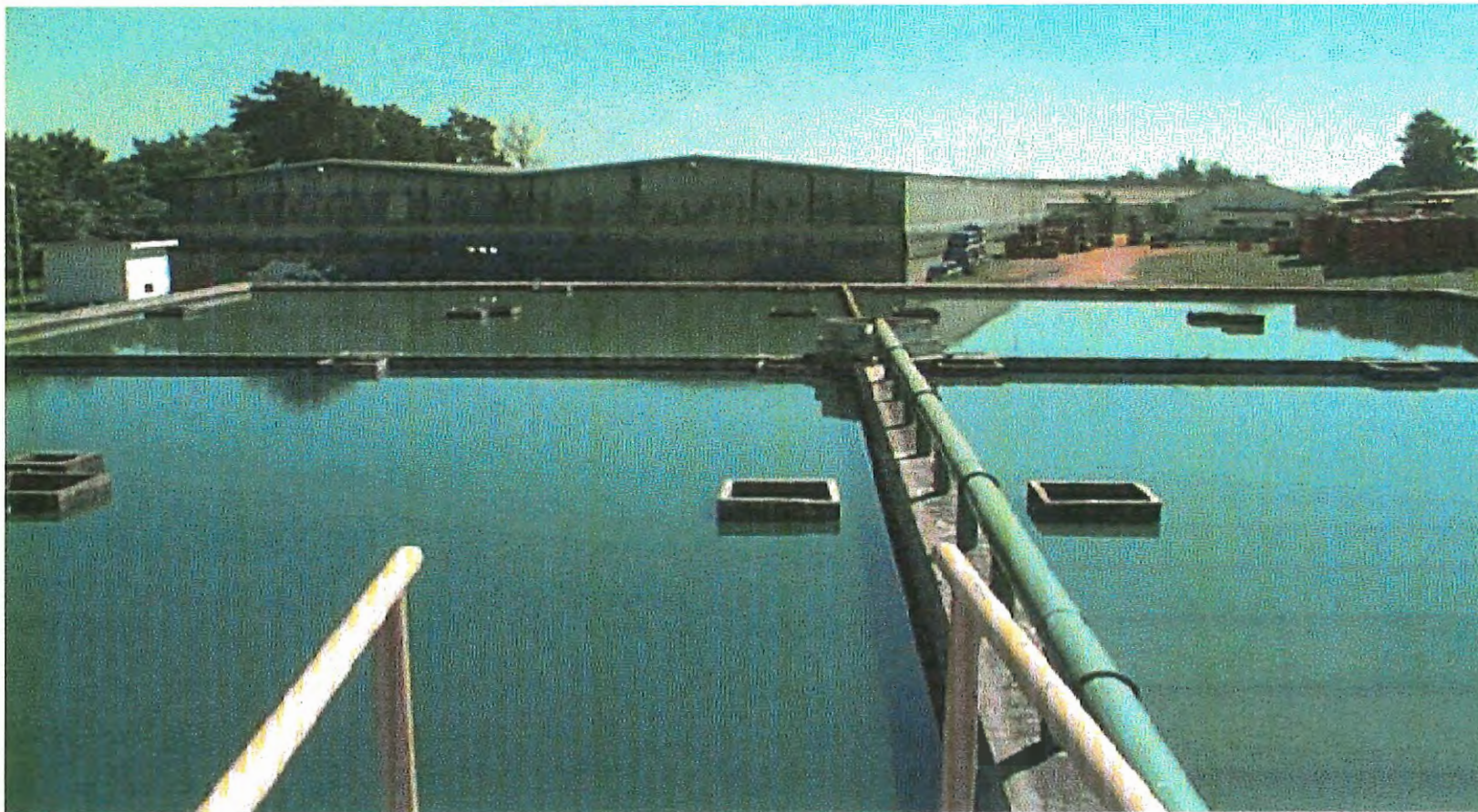


**A – Tratamento Físico-Químico: Tanque de Flotação**



**B – Leitões de Secagem: Lodo do Flotador**

FIGURA 4.11 – Tratamento Primário do Sistema de Tratamento de Efluentes Líquidos da Indústria de Conservas Alimentícias.



**A - Unidade Biológica: Filtro Anaeróbio de Fluxo Ascendente**

FIGURA 4.12 – Tratamento Secundário do Sistema de Tratamento de Efluentes Líquidos da Indústria de Conservas Alimentícias.



### **4.3 Descrição das Instalações em Escala de Laboratório utilizadas na Pesquisa**

#### **4.3.1 Equipamento de coagulação - Mistura rápida**

O equipamento de mistura rápida, foi desenvolvido no Departamento de Hidráulica e Saneamento da EESC-USP, e tem como objetivo promover uma mistura eficiente entre os reagentes adicionados e os contaminantes das águas residuárias.

#### **4.3.2 Equipamento de floculação e flotação – Flotateste**

O flotateste, foi desenvolvido no Departamento de Hidráulica e Saneamento da EESC-USP, pelo Prof. Dr. Marco Antonio Penalva Reali. O equipamento, conforme ilustrado nas Figuras 4.13 e 4.14, é composto por quatro reatores construídos em acrílico e com espessura de 5 mm, independentes entre si e interligados à uma câmara de saturação. Cada reator possui 60 mm de diâmetro interno, 750 mm de altura e capacidade útil de 2,1 litros.

Para efetuar a floculação, cada reator possui agitador próprio (tipo eixo vertical, paletas paralelas ao eixo, dois braços e uma paleta por braço) impulsionado por conjunto moto-redutor e ligado a regulador de tensão para controle de energia fornecida para a floculação (rotação do agitador).

Para efetuar a floculação, cada reator é interligado à uma câmara de saturação (tubo em acrílico com parede de 6 mm em espessura), 75 mm de diâmetro interno, 900 mm de altura e 3 litros de volume útil. Para sua operação e controle, a câmara de saturação possui manômetro, válvula de segurança, entrada de ar comprimido e entrada de água proveniente da rede de abastecimento público. O ar comprimido é fornecido por compressor de ar, marca Shultz, modelo MSI-2,6 VL40, C56 JZ, ½ CV, 850 rpm. A entrada da água saturada nos “jarros” de flotação é controlada por registros de agulha.

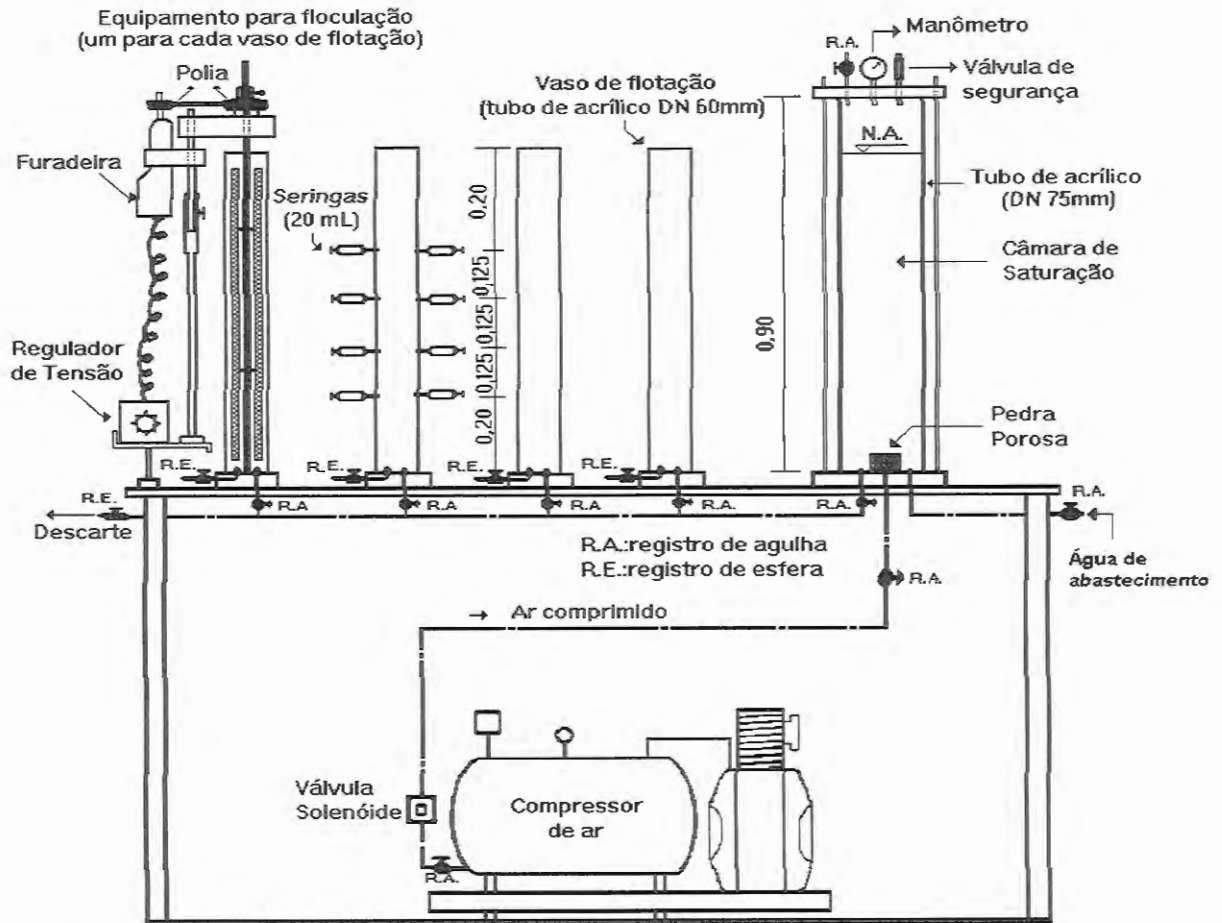
Para coleta de amostra líquida, os reatores possuem pequenos orifícios ao longo de sua altura para adaptação de seringas com capacidade útil de 20 ml, responsáveis pela coleta. A partir da caracterização das amostras coletadas, são construídas as ‘curvas de flotação’, conforme método proposto por REALI (1991).





FIGURA 4.13 – Fotografia do equipamento de floculação e flotação em escala de laboratório (flotatestes).

Fonte: PENETRA, 1998.



Obs.: medidas em metros.

FIGURA 4.14 – Esquema geral do flotatete.

Fonte: REALI, 1994.

#### 4.4 Métodos e Procedimentos Utilizados na Pesquisa

##### 4.4.1 Coleta e composição de amostras nas indústrias investigadas

As indústrias avaliadas foram: a indústria de conservas alimentícias - CIRIO BRASIL ALIMENTOS S/A e a cooperativa de laticínios de São Carlos e Rio Claro – COLASCRIC, sendo que para a indústria de conservas foram destinadas duas coletas e para a cooperativa de laticínios foi realizada uma única coleta.

Para que as coletas fossem representativas, adotou-se como critério considerar todo o período do dia que as indústrias estivessem em atividade e a partir do histograma de vazões fazer uma amostra composta.

#### 4.4.1.1 Indústria de Conservas Alimentícias - CIRIO BRASIL ALIMENTOS S/A

Apesar de a indústria ser tradicionalmente fabricante de vários produtos em conservas alimentícias, na ocasião das coletas a empresa passava por reestruturações legais e produtivas em virtude da sua nova concessão pela companhia italiana CIRIO- BOMBRIL. Uma das mudanças foi exatamente concentrar a produção em apenas uma espécie de matéria-prima: o tomate. Portanto, como na época era safra do fruto, a indústria foi operada em três turnos (24 horas) com capacidade total. Essa condição foi determinante para se estabelecer a rotina da coleta.

O ponto determinado para a coleta do efluente no sistema de tratamento da indústria, situava-se na tubulação de saída das peneiras estáticas antes da unidade de flotação, conforme ilustrado na Figura 4.15. Para que fossem realizadas as leituras de vazão, foi necessário implantar vertedor retangular, logo após a grade, em virtude da calha Parshall existente estar inativada

A primeira coleta foi realizada durante 24 horas, tendo início às 8:30 h do dia 08 de setembro de 1998 e término, às 6:30 h do dia seguinte. A partir das 18:30 h aproximadamente, iniciou-se forte precipitação prolongando-se até o término da coleta.

Foi coletado para cada amostra, aproximadamente um volume de 20 litros, em intervalos de uma hora. No ato de cada coleta mediu-se a temperatura ambiente, a vazão do efluente industrial, a temperatura e o pH da amostra. As amostras foram acondicionadas em galões de polietileno e armazenadas à temperatura de 18 °C até o momento da composição da amostra final.

Com base nos hidrogramas de vazões afluentes ao sistema de tratamento da indústria de conservas, conforme mostrado nas Figuras 4.16 e 4.17, referentes a primeira e segunda coletas, foi preparada amostra composta, proporcional à vazão, para a obtenção de valores médios de concentração do efluente no dia.

A mistura dos volumes parciais foi feita em um tambor metálico, com capacidade de 200 litros. Em sua base foi adaptada uma válvula de esfera de PVC ( $\frac{3}{4}$ "") para drenagem do líquido. E para a completa homogeneização foi desenvolvido um agitador composto por um eixo vertical de aço com palhetas perpendiculares ao eixo, acoplada a um motor elétrico. A velocidade de rotação era controlada por "dimer" (dispositivo utilizado para controle da frequência elétrica do equipamento). As Figuras 4.18 e 4.19, ilustram respectivamente o tambor e o conjunto agitador-tambor.

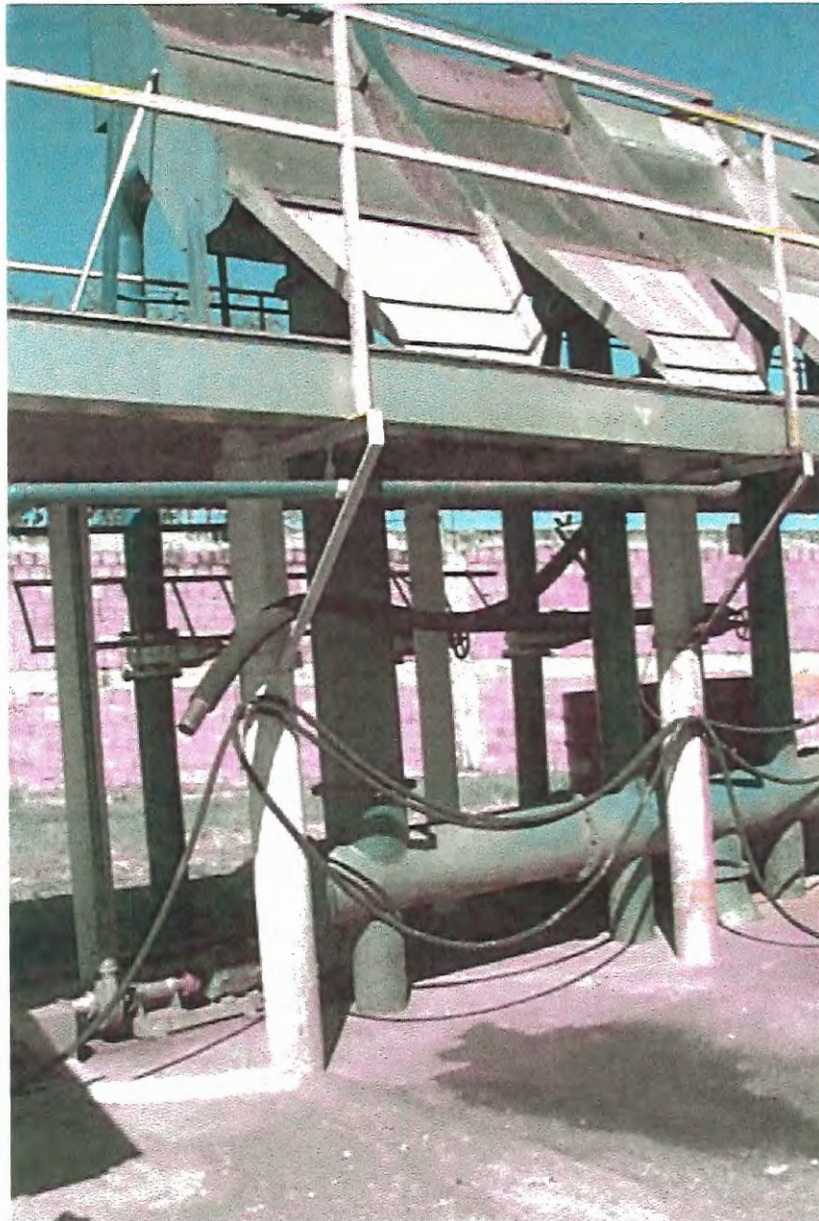


FIGURA 4.15 – Local de coleta das amostras pontuais para composição da amostra composta na primeira fase.

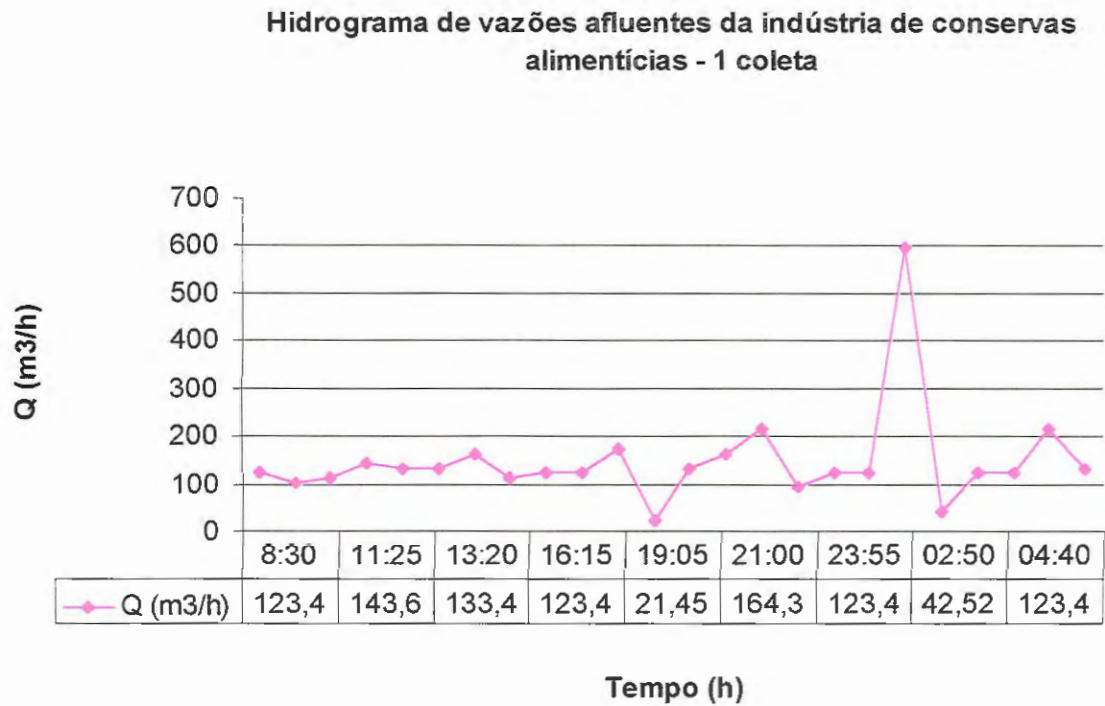


FIGURA 4.16 – Hidrograma de Vazões Afluentes ao Sistema de Tratamento da Indústria de Conservas Alimentícias – CIRIO BRASIL ALIMENTOS – Taquaritinga - SP.

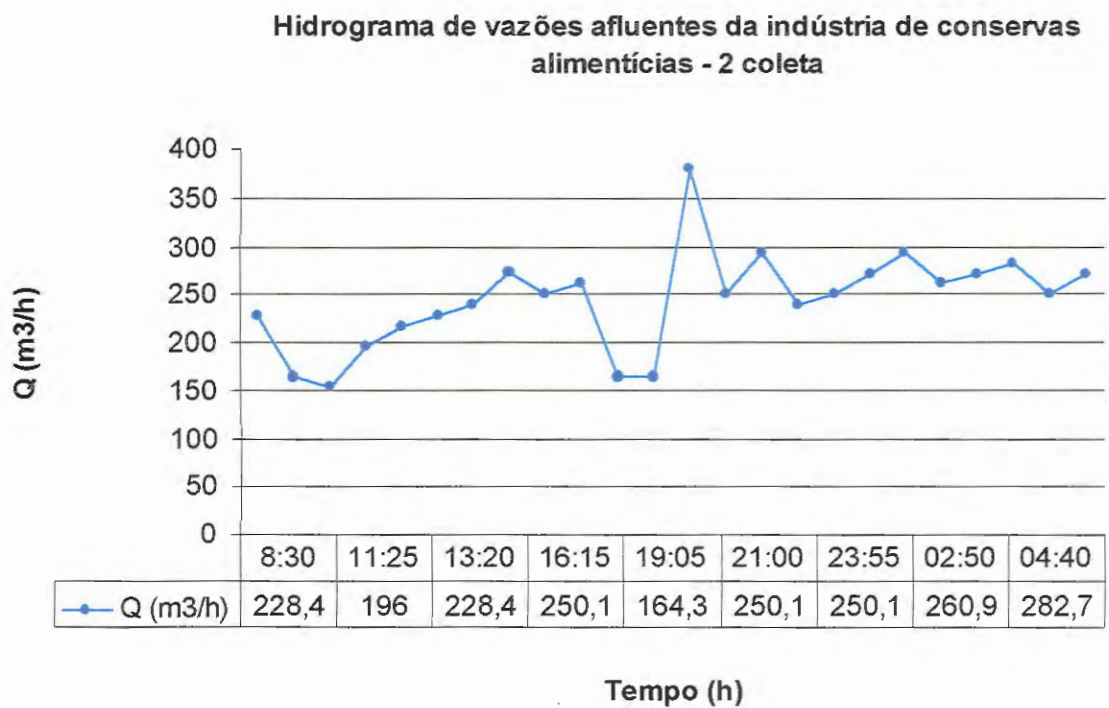


FIGURA 4.17 – Hidrograma de Vazões Afluentes ao Sistema de Tratamento da Indústria de Conservas Alimentícias – CIRIO BRASIL ALIMENTOS – Taquaritinga - SP.

Logo após a mistura, a amostra final foi recondicionada nos galões de 20 litros e transportada para o Laboratório de Tratamento Avançado e Reuso de Águas do Departamento de Hidráulica e Saneamento, a fim de dar início aos ensaios de tratabilidade.

Com a obtenção dos parâmetros mais adequados ao processo de flotação, foi realizada uma segunda coleta, com a finalidade de se adquirir o volume de lodo necessário às análises. O procedimento, material e o equipamento utilizados, foram os mesmos adotados para a primeira coleta. A injeção de ar foi efetuada conectando-se uma mangueira, na câmara de saturação “in loco”, do sistema de tratamento, ajustada à um tubo em L, de ferro, com bico dispersor.



FIGURA 4.18 – Tambor adaptado para a mistura da amostra composta e simulação do processo de flotação da terceira fase.



FIGURA 4.19 – Conjunto, tambor e agitador, adaptado para realizar a mistura da amostra composta.

A segunda coleta foi realizada nos dias 13 e 14 de outubro de 1998. A primeira amostra foi coletada às 8:55 h do dia 13, e a última, às 8:00 h do dia 14. O ponto de coleta e os procedimentos adotados seguiram a mesma sistemática da coleta anterior, porém é de fundamental importância citar o elevado índice pluviométrico registrado durante os dias 8 e 9 de outubro referentes a primeira coleta. Esse dado influencia diretamente nos resultados pertinentes tanto aos ensaios de tratabilidade, quanto aos referente à caracterização das amostras.

#### 4.4.1.2 Indústria de Laticínios – COLASCRIC

A Cooperativa de Laticínios – COLASCRIC, produz na unidade de São Carlos em média, 20.000 litros de leite C pasteurizado/dia. A indústria possui regime de produção efetivo com início às 3:00 h da manhã e término em torno de 15:00 h da tarde, ou seja uma jornada de 12 horas aproximadamente. O ciclo de atividade se resume basicamente nas operações de recepção de leite “in natura” (em tambores ou em caminhões), processamento e empacotamento em embalagem plástica. Após todo o leite ser processado a linha é submetida a um sistema de limpeza CIP (Clean in Place) com ácido, álcali e vários enxágües.

A terceira coleta foi realizada no dia 01 de dezembro de 1998. O período da coleta compreendeu um período de 11 horas, com início às 3:45 h e final às 13:30 h.

Definiu-se que o ponto de coleta no sistema de tratamento da indústria seria na calha que antecede o tanque de equalização. Utilizou-se o mesmo material das coletas anteriores bem como os parâmetros medidos: temperatura ambiente, vazão do efluente tratado, a temperatura e o pH das amostras. As leituras de vazões foram feitas a partir da calha Parshall localizada na saída do sistema de tratamento.

O levantamento do hidrograma de vazões afluentes ao sistema de tratamento da indústria de laticínios, conforme mostrado na Figura 4.20, permitiu a composição adequada da amostra composta visando a caracterização do efluente líquido e do lodo produzido, bem como a realização dos ensaios de tratabilidade em escala de laboratório (flotatestes) afim de se determinar as condições ótimas para a flotação, adicionando-se cloreto férrico como coagulante.

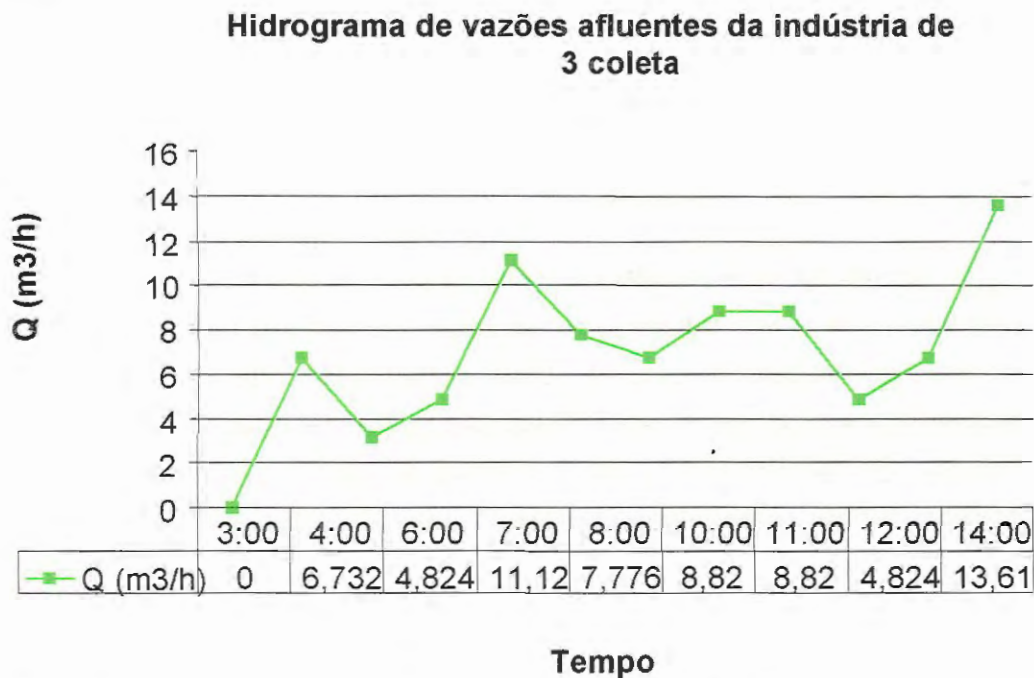


FIGURA 4.20 – Hidrograma de Vazões Afluentes ao Sistema de Tratamento da Indústria de Laticínios, COLASCRIC – São Carlos – SP.

As amostras pontuais foram coletadas em galões de polietileno de 20 litros, em intervalos de uma hora. Afim de conservar as amostras até o momento da mistura os galões foram submergidos em líquido refrigerante a 10 °C. A amostra composta foi feita a partir do hidrograma de vazões seguindo a mesma técnica adotada nas coletas anteriores, bem como os procedimentos posteriores.



#### 4.4.2 Procedimentos e Monitoramento dos Ensaios de Flotação

##### 4.4.2.1 Produtos químicos empregados

Ao longo dos ensaios de tratabilidade foram empregados os seguintes produtos químicos:

**cloreto férrico (solução):** tipo comercial, apresentando as seguintes especificações do fabricante

Densidade: 1,410 g/cm<sup>3</sup>;

FeCl<sub>3</sub>: 39,02%;

Acidez: 1,21%.

**carbonato de sódio / barrilha (escamas):** tipo comercial, apresentando as seguintes especificações do fabricante

Marca: *Álcalis*

Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub>: barrilha leve

**ácido clorídrico (p.a.):**

Marca: *Merk*

HCl: 37%

Densidade: 1,19 kg/l

##### 4.4.2.2 Ensaios de tratabilidade utilizando o flotatesto com aplicação de Cloreto Férrico (FeCl<sub>3</sub>) como coagulante

Os ensaios de tratabilidade foram realizados primeiramente com o material coletado na indústria de conservas alimentícias CIRIO BRASIL ALIMENTOS, compreendendo duas coletas, uma no mês de setembro e a outra no mês de outubro. A segunda indústria estudada foi a cooperativa de laticínios COLASCRIC, onde foi realizada coleta única no mês de dezembro.

A primeira fase do trabalho foi dividida em três etapas. A primeira etapa teve como finalidade obter a dosagem mais adequada de cloreto férrico nos valores de pH de coagulação propostos para o tratamento físico-químico do efluente industrial. Na Segunda etapa determinou-se o gradiente médio de velocidade de floculação em função dos tempos de floculação mais comumente utilizados em sistemas de flotação de efluentes de indústrias de alimentos, a partir do melhor valor de dosagem do coagulante e de pH obtidos na primeira

etapa. Por fim, na terceira etapa variou-se a fração de recirculação do efluente pressurizado (R) em relação as velocidades ascensionais de flotação testadas na segunda etapa. Essa rotina de trabalho, permitiu estabelecer as condições operacionais mais adequadas aos sistemas.

Para cada coleta, foram realizadas as três etapas, porém de forma distinta, por serem efluentes de natureza diferente. Portanto, a seqüência das etapas e o procedimento dos ensaios para cada coleta, estão descritos detalhadamente a seguir.

Todas as dosagens de cloreto férrico mencionadas estão apresentadas em mg/l de  $\text{FeCl}_3$ .

Primeira Coleta: Indústria de Conservas Alimentícias

**Data: 08 e 09 de setembro/1998**

**PRIMEIRA ETAPA: ensaios com variação da dosagem de cloreto férrico e do pH de coagulação**

Na primeira etapa da primeira coleta, foram testados seis valores de pH para seis dosagens de  $\text{FeCl}_3$ . Os valores de pH testados foram: 5,5; 6,0; 6,5; 7,0; 7,5; 8,0 e as dosagens de coagulante foram: 0; 40; 60; 80; 100; 120 mg/l de  $\text{FeCl}_3$ . Foi preparada solução de  $\text{FeCl}_3$  à 1% em peso, para ser utilizada nos ensaios de tratabilidade. Para a variação do pH de coagulação, foi utilizada barrilha comercial empregada na própria indústria. Como não consta a especificação da barrilha pelo fabricante, foi preparada solução a 25%, usada na obtenção dos diferentes valores de pH desejados em cada dosagem do coagulante. Em virtude da amostra apresentar um pH inicial em torno de 4,5, adicionou-se a solução de barrilha com pipeta volumétrica, gota a gota sob agitação, até que se atingisse o pH desejado. O estudo realizado para a obtenção dos valores de pH de coagulação resultantes das diversas combinações de dosagens de cloreto férrico e barrilha, podem ser consultados na Tabela B.1, Anexo B.

Os demais parâmetros operacionais foram mantidos fixos:  $T_{mr} = 20$  s;  $G_{mr} = 800$   $\text{s}^{-1}$ ;  $T_f = 12$  min;  $G_f = 40$   $\text{s}^{-1}$ ;  $R = 20\%$  (em volume); a pressão de saturação ( $P_{sat}$ ) foi fixada em 450 kPa e as velocidades de flotação estudadas foram:  $V_{f1} = 5,0$  cm/min;  $V_{f2} = 10,0$  cm/min;  $V_{f3} = 15,0$  cm/min;  $V_{f4} = 20,0$  cm/min;  $V_{f5} = 25,0$  cm/min.

Na Tabela 4.1 estão esquematizadas as etapas que representam a sequência de ensaios realizados com o flotateste e com a aplicação de cloreto férrico como coagulante para a primeira coleta.

SEGUNDA ETAPA: ensaios com variação do tempo de floculação e do gradiente médio de velocidade de floculação

Nos ensaios realizados na segunda etapa, foram estudados quatro valores de tempo de floculação: 1; 3; 6 e 12 minutos. Para cada tempo de floculação foram investigados três valores de gradiente médio de velocidade de floculação: 40; 60 e 80  $s^{-1}$ . Os parâmetros operacionais mantidos fixos nesta etapa foram: DCF = 120 mg/l e  $pH_{coag} = 6,5$ , obtidos na primeira etapa;  $G_{mr} = 800 s^{-1}$ ;  $T_{mr} = 20 s$ ;  $P_{sat} = 450 \pm 5,0 kPa$ ;  $R = 20 \%$  e as velocidades de flotação estudadas foram:  $Vf_1 = 5,0 cm/min$ ;  $Vf_2 = 10,0 cm/min$ ;  $Vf_3 = 15,0 cm/min$ ;  $Vf_4 = 20,0 cm/min$ ;  $Vf_5 = 25,0 cm/min$ . Na Tabela 4.1 estão esquematizadas as etapas que representam a sequência de ensaios realizados com o flotateste e com a aplicação de cloreto férrico como coagulante para a primeira coleta.

TERCEIRA ETAPA: ensaios com variação da quantidade de ar fornecida ao sistema

Na terceira etapa foi variada a quantidade de ar fornecida ao processo ( $S^*$ ) obtida através da variação da fração de recirculação ( $R$ ) de água saturada introduzida no reator (flotação) e a medida em fração percentual do volume da amostra a ser tratada contida no reator. As frações de recirculação ( $R$ ) testadas foram: 15%; 20%; 30%; 40%. Os parâmetros operacionais restantes mantidos fixos foram: DCF = 120 mg/l e  $pH_{coag} = 6,5$ , obtidos na primeira etapa;  $T_f = 12 min$  e  $G_f = 40 s^{-1}$  obtidos na segunda etapa;  $G_{mr} = 800 s^{-1}$ ;  $T_{mr} = 20 s$ ;  $P_{sat} = 450 \pm 5,0 kPa$  e as velocidades de flotação estudadas foram:  $Vf_1 = 5,0 cm/min$ ;  $Vf_2 = 10,0 cm/min$ ;  $Vf_3 = 15,0 cm/min$ ;  $Vf_4 = 20,0 cm/min$ ;  $Vf_5 = 25,0 cm/min$ . Na Tabela 4.1 estão esquematizadas as etapas que representam a sequência de ensaios realizados com o flotateste e com a aplicação de cloreto férrico como coagulante para a primeira coleta.

TABELA 4.1 – Sequência das etapas dos ensaios de tratabilidade realizados com o efluente da primeira coleta utilizando flotatestes e cloreto férrico.

Objetivo da etapa	Parâmetros mantidos fixos	Parâmetros variados
Investigação da dosagem de cloreto férrico e do pH de coagulação (a)	Gmr = 800s <sup>-1</sup> ; Tmr = 20s; Gf = 40s <sup>-1</sup> ; Tf = 12 min; Psat = 450±5,0 kPa; R = 20% (em volume); Vf <sub>1</sub> = 5,0 cm/min; Vf <sub>2</sub> = 10,0 cm/min; Vf <sub>3</sub> = 15,0 cm/min; Vf <sub>4</sub> = 20,0 cm/min; Vf <sub>5</sub> = 25cm/min; Temp. da amostra = 20,5 ± 1,0 °C	Dosagem de cloreto férrico: DCF= 0; 40; 60; 80; 100; 120 mg/l; pH de coagulação: pH <sub>coag</sub> = 5,5; 6,0; 6,5; 7,0; 7,5; 8,0;
Investigação do tempo de floculação e do gradiente médio de velocidade de floculação (b)	DCF = 120 mg/l e pH <sub>o</sub> = 6,5 (obtidos na primeira etapa); Gmr = 800 s <sup>-1</sup> ; Tmr = 20 s; Psat = 450±5,0kPa; R = 20% (em volume); Vf <sub>1</sub> = 5,0 cm/min; Vf <sub>2</sub> = 10,0 cm/min; Vf <sub>3</sub> =15,0 cm/min; Vf <sub>4</sub> =20,0 cm/min; Vf <sub>5</sub> = 25,0 cm/min; Temp. da amostra = 21,0 ± 0,6 °C	Tempo de floculação em minutos: Tf = 1; 3; 6; 12 min; Gradiente médio de velocidade de floculação (s <sup>-1</sup> ): Gf = 40; 60; 80 s <sup>-1</sup> ;
Investigação da quantidade de ar fornecida (fração de recirculação) (c)	DCF = 120 mg/l e pH <sub>o</sub> = 6,5 (obtidos na primeira etapa); Tf = 12 min e Gf = 40 s <sup>-1</sup> (obtidos na segunda etapa ); Gmr = 800 s <sup>-1</sup> ; Tmr = 20 s; Psat = 450±5,0 kPa; Vf <sub>1</sub> = 5,0 cm/min; Vf <sub>2</sub> = 10,0 cm/min; Vf <sub>3</sub> =15,0 cm/min; Vf <sub>4</sub> =20,0 cm/min; Vf <sub>5</sub> = 25,0 cm/min; Temp. da amostra = 21,0 ± 0,6 °C	Fração de recirculação (R), em volume: R = 15%; 20%; 30%; 40%;

Segunda Coleta – Indústria de Conservas Alimentícias

**Data: 13 e 14 de outubro/1998**

**PRIMEIRA ETAPA:** ensaios com variação da dosagem de cloreto férrico e do pH de coagulação

Como as características principais do efluente coletado na segunda coleta eram semelhantes as da primeira, reduziu-se a faixa de estudo de alguns parâmetros analisados. Portanto, apenas a etapa de dosagem de cloreto férrico, em função do pH de coagulação, foi estudada. No caso das dosagens de coagulante, preferiu-se investigar outros valores mais próximos do obtido na primeira coleta, entre eles: 0; 80; 100; 120; 150; 180 e 200 mg/l de  $\text{FeCl}_3$ , e os valores de pH pesquisados foram: 6,0; 6,5; 7,0. Foi feita uma solução de  $\text{FeCl}_3$  1% para ser utilizada nos ensaios de tratabilidade. Para a variação do pH de coagulação, optou-se por uma solução de barrilha à 20%, menos concentrada que a anterior (25%) utilizada na primeira coleta. Em virtude da amostra apresentar um pH inicial em torno de 5,0, adicionou-se a solução de barrilha com pipeta volumétrica, gota a gota sob agitação, até que se atingisse o pH desejado. O estudo realizado para a obtenção dos valores de pH de coagulação resultantes das diversas combinações de dosagens de cloreto férrico e barrilha, podem ser consultados na Tabela B.2, Anexo B.

As outras duas etapas subseqüentes, de investigação do tempo de floculação, em função do gradiente médio de velocidade de floculação, e variação da quantidade de ar fornecida ao sistema, foram descartadas adotando-se os parâmetros obtidos nos ensaios realizados nas segunda e terceira etapas da primeira coleta. Desse modo, os parâmetros operacionais mantidos fixos foram:  $T_{mr} = 20$  s;  $G_{mr} = 800$   $\text{s}^{-1}$ ;  $T_f = 12$  min;  $G_f = 40$   $\text{s}^{-1}$ ;  $R = 15\%$  (em volume); a pressão de saturação ( $P_{sat}$ ) foi fixada em  $450 \pm 5,0$  kPa e as velocidades de flotação estudadas foram:  $V_{f_1} = 5,0$  cm/min;  $V_{f_2} = 10,0$  cm/min;  $V_{f_3} = 15,0$  cm/min;  $V_{f_4} = 20,0$  cm/min;  $V_{f_5} = 25,0$  cm/min. Na Tabela 4.2, estão esquematizadas as etapas que representam a seqüência de ensaios realizados com o flotatete e com a aplicação de cloreto férrico como coagulante para a primeira coleta.

TABELA 4.2 – Primeira etapa dos ensaios de tratabilidade realizados com o efluente da segunda coleta utilizando flotatestes e cloreto férrico.

Objetivo da etapa	Parâmetros mantidos fixos	Parâmetros variados
Investigação da dosagem de cloreto férrico e do pH de coagulação (a)	$G_{mr} = 800 \text{ s}^{-1}$ ; $T_{mr} = 20 \text{ s}$ ; $G_f = 40 \text{ s}^{-1}$ ; $T_f = 12 \text{ min}$ ; $P_{sat} = 450 \pm 5,0 \text{ kPa}$ ; $R = 15\%$ (em volume); $V_{f1} = 5,0 \text{ cm/min}$ ; $V_{f2} = 10,0 \text{ cm/min}$ ; $V_{f3} = 15,0 \text{ cm/min}$ ; $V_{f4} = 20,0 \text{ cm/min}$ ; $V_{f5} = 25,0 \text{ cm/min}$ ; Temp. da amostra = $21,5 \pm 1,0 \text{ }^\circ\text{C}$	Dosagem de cloreto férrico: $DCF = 0; 80; 100; 120; 150; 180 \text{ mg/l}$ ;  pH de coagulação: $pH_{coag} = 6,0; 6,5; 7,0$ ;

Terceira Coleta – Indústria de Laticínios

Data: 01 de dezembro/1998

PRIMEIRA ETAPA: ensaios com variação da dosagem de cloreto férrico e do pH de coagulação

Para a terceira coleta foram realizadas duas fases de estudos de pH e coagulante. Na primeira fase foram testados quatro valores de pH para cinco dosagens de  $\text{FeCl}_3$ . Os valores de pH testados foram: 6,0; 6,5; 7,0; 7,5, para as dosagens de coagulante 0 e 50 mg/l de  $\text{FeCl}_3$ . Para as dosagens de coagulante 100; 150 e 200 mg/l foram avaliados os pH de 5,5; 6,0; 6,5 e 7,0. Após a determinação do pH e da dosagem mais adequada, pesquisou-se outra faixa de valores mais próximos. Portanto na segunda fase testou-se mais dois pH: 6,0; 6,5; e outras quatro dosagens de coagulante: 75; 125; 175; 225 mg/l de  $\text{FeCl}_3$ . Foi feita uma solução de  $\text{FeCl}_3$  1% (em peso) para ser utilizada nos ensaios de tratabilidade. Para a variação do pH de coagulação, foi utilizada uma solução de ácido clorídrico (HCl) 0,5 N. Em virtude da amostra apresentar um pH inicial elevado (pH=10,6), adicionou-se a solução de HCl com pipeta volumétrica, gota a gota sob agitação, até que se atingisse o pH desejado. O estudo realizado para a obtenção dos valores de pH de coagulação resultantes das diversas combinações de dosagens de cloreto férrico e barrilha, podem ser consultados na Tabela B.3, Anexo B.

Os demais parâmetros operacionais foram mantidos fixos:  $T_{mr}=20$  s;  $G_{mr} = 800$  s<sup>-1</sup>;  $T_f = 12$  min;  $G_f = 60$  s<sup>-1</sup>;  $R = 30\%$  (em volume); a pressão de saturação ( $P_{sat}$ ) foi fixada em  $450\pm 5,0$  kPa e as velocidades de flotação estudadas foram:  $V_{f1} = 5,0$  cm/min;  $V_{f2} = 10,0$  cm/min;  $V_{f3} = 15,0$  cm/min;  $V_{f4} = 20,0$  cm/min;  $V_{f5} = 25,0$  cm/min. Na Tabela 4.3 estão esquematizadas as etapas que representam a sequência de ensaios realizados com o flotateste e com a aplicação de cloreto férrico como coagulante para a primeira coleta.

**SEGUNDA ETAPA:** ensaios com variação do tempo de floculação e do gradiente médio de velocidade de floculação

Nos ensaios realizados na segunda etapa, foram estudados quatro valores de tempo de floculação: 1; 3; 6 e 12 minutos. Para cada tempo de floculação foram investigados três valores de gradientes médios de velocidade de floculação: 40; 60 e 80 s<sup>-1</sup>. Os parâmetros operacionais mantidos fixos nesta etapa foram:  $DCF = 100$  mg/l e  $pH_{coag.} = 6,5$ , obtidos na primeira etapa;  $G_{mr} = 800$  s<sup>-1</sup>;  $T_{mr} = 20$  s;  $P_{sat} = 450\pm 5,0$  kPa;  $R = 30\%$  e as velocidades de flotação estudadas foram:  $V_{f1} = 5,0$  cm/min;  $V_{f2} = 10,0$  cm/min;  $V_{f3} = 15,0$  cm/min;  $V_{f4} = 20,0$  cm/min;  $V_{f5} = 25,0$  cm/min. Na Tabela 4.3 estão esquematizadas as etapas que representam a sequência de ensaios realizados com o flotateste e com a aplicação de cloreto férrico como coagulante para a primeira coleta.

**TERCEIRA ETAPA:** ensaios com variação da quantidade de ar fornecida ao sistema

Na terceira etapa foi variada a fração de recirculação ( $R$ ) de água saturada. As frações de recirculação ( $R$ ) testadas foram: 20%; 30%; 40%; 50%; 60%; 70%. Os parâmetros operacionais restantes mantidos fixos foram:  $DCF = 100$  mg/l e  $pH_{coag.} = 6,5$ , obtidos na primeira etapa;  $T_f = 1$  min e  $G_f = 60$  s<sup>-1</sup> obtidos na Segunda etapa;  $G_{mr} = 800$  s<sup>-1</sup>;  $T_{mr} = 20$  s;  $P_{sat} = 450$  kPa e as velocidades de flotação estudadas foram:  $V_{f1} = 5,0$  cm/min;  $V_{f2} = 10,0$  cm/min;  $V_{f3} = 15,0$  cm/min;  $V_{f4} = 20,0$  cm/min;  $V_{f5} = 25,0$  cm/min. Na Tabela 4.3 estão esquematizadas as etapas que representam a sequência de ensaios realizados com o flotateste e com a aplicação de cloreto férrico como coagulante para a primeira coleta.

TABELA 4.3 – Sequência das etapas dos ensaios de tratabilidade realizados com o efluente da terceira coleta utilizando flotatestes e cloreto férrico.

Objetivo da etapa	Parâmetros mantidos fixos	Parâmetros variados
Investigação da dosagem de cloreto férrico e do pH de coagulação (a)	$G_{mr} = 800 \text{ s}^{-1}$ ; $T_{mr} = 20 \text{ s}$ ; $G_f = 60 \text{ s}^{-1}$ ; $T_f = 12 \text{ min}$ ; $P_{sat} = 450 \pm 5,0 \text{ kPa}$ ; $R = 30\%$ (em volume); $V_{f1} = 5,0 \text{ cm/min}$ ; $V_{f2} = 10,0 \text{ cm/min}$ ; $V_{f3} = 15,0 \text{ cm/min}$ ; $V_{f4} = 20,0 \text{ cm/min}$ ; $V_{f5} = 25,0 \text{ cm/min}$ ; Temp. da amostra = $21,7 \pm 0,3^\circ\text{C}$	Dosagem de cloreto férrico e pH de coagulação: $DCF = 0$ ; $50 \text{ mg/l}$ e $pH_{coag} = 6,0$ ; $6,5$ ; $7,0$ ; $5,5$ ; $DCF = 100$ ; $150$ ; $200 \text{ mg/l}$ e $pH_{coag} = 5,5$ ; $6,0$ ; $6,5$ ; $7,0$ ; $DCF = 75$ ; $125$ ; $175$ ; $225 \text{ mg/l}$ e $pH_{coag} = 6,0$ ; $6,5$
Investigação do tempo de floculação e do gradiente médio de velocidade de floculação (b)	$DCF = 100 \text{ mg/l}$ e $pH_o = 6,5$ (obtidos na primeira etapa); $G_{mr} = 800 \text{ s}^{-1}$ ; $T_{mr} = 20 \text{ s}$ ; $P_{sat} = 450 \pm 5,0 \text{ kPa}$ ; $R = 30\%$ (em volume); $V_{f1} = 5,0 \text{ cm/min}$ ; $V_{f2} = 10,0 \text{ cm/min}$ ; $V_{f3} = 15,0 \text{ cm/min}$ ; $V_{f4} = 20,0 \text{ cm/min}$ ; $V_{f5} = 25,0 \text{ cm/min}$ ; Temp. da amostra = $21,0 \pm 1,0^\circ\text{C}$	Tempo de floculação em minutos: $T_f = 1$ ; $3$ ; $6$ ; $12 \text{ min}$ ; Gradiente médio de velocidade de floculação ( $\text{s}^{-1}$ ): $G_f = 40$ ; $60$ ; $80 \text{ s}^{-1}$ ;
Investigação da quantidade de ar fornecida (fração de recirculação) (c)	$DCF = 100 \text{ mg/l}$ e $pH_o = 6,5$ (obtidos na primeira etapa); $T_f = 1 \text{ min}$ e $G_f = 60 \text{ s}^{-1}$ (obtidos na segunda etapa); $G_{mr} = 800 \text{ s}^{-1}$ ; $T_{mr} = 20 \text{ s}$ ; $P_{sat} = 450 \text{ kPa}$ ; $V_{f1} = 5,0 \text{ cm/min}$ ; $V_{f2} = 10,0 \text{ cm/min}$ ; $V_{f3} = 15,0 \text{ cm/min}$ ; $V_{f4} = 20,0 \text{ cm/min}$ ; $V_{f5} = 25,0 \text{ cm/min}$ ; Temp. da amostra = $21,5 \pm 0,5^\circ\text{C}$	Fração de recirculação (R), em volume: $R = 20\%$ ; $30\%$ ; $40\%$ ; $50\%$ ; $60\%$ ; $70\%$ ;



#### 4.4.2.3 Fluxograma de ensaios

As etapas pertinentes aos ensaios de tratabilidade bem como os parâmetros de monitoramento e variáveis estão discriminados e ilustrados nas Figuras 4.1 e 4.2, páginas 39 e 40.

#### 4.4.2.4 Monitoramento

Em todos os ensaios de tratabilidade referentes às três coletas, foram coletadas cinco amostras relativas às cinco diferentes velocidades de flotação estudadas ( $V_{f1}=5,0$  cm/min,  $V_{f2}=10,0$  cm/min,  $V_{f3}=15$  cm/min,  $V_{f4}=20,0$  cm/min e  $V_{f5}=25,0$  cm/min). O volume de cada amostra foi de 30 ml e o monitoramento dos ensaios foi feito com base nas leituras de turbidez e cor aparente para cada amostra coletada referente às velocidades nas primeira e segunda coletas. A partir dessas leituras foram calculadas as eficiências de remoção de turbidez e cor aparente para cada velocidade de flotação. Para as amostras relativas a  $V_{f2}=10,0$  cm/min foi realizada leitura de DQO não filtrada como parâmetro adicional de controle da eficiência. Na terceira coleta foi realizada apenas as leituras de turbidez conforme descrito anteriormente e as leituras de DQO não filtrada, feitas para as amostras referente às velocidades de flotação  $V_{f2}=10,0$  cm/min e  $V_{f5}=25$  cm/min.

Com os dados obtidos nos ensaios de tratabilidade, outra coleta de 24 horas foi realizada nas indústrias, para obtenção de uma amostra composta nas condições que apresentaram melhor eficiência. A partir dessa amostra composta foi realizada uma caracterização complementar tanto para o lodo produzido como para o efluente bruto e clarificado. Para os efluentes foram realizadas as seguintes determinações:

Sólidos Totais (ST);

Sólidos Totais Fixos (STF);

Sólidos Totais Voláteis (STV);

Sólidos Suspensos Totais (SST);

Sólidos Suspensos Fixos (SSF);

Sólidos Suspensos Voláteis (SSV);

Sólidos Dissolvidos Totais (SDT);

Sólidos Dissolvidos Fixos (SDF);

Sólidos Dissolvidos Voláteis (SDV);

Sólidos Sedimentáveis (SS);

DQO de amostra filtrada e não filtrada;

Nitrogênio Orgânico;

Nitrogênio Amoniacal;

Minerais: Ca, Mg, S, K, P, Zn, Cd, Fe, Mn, Cu, Cr, Al.

Os parâmetros analisados para o lodo foram:

Matéria Seca (MS);

Nitrogênio Orgânico;

Nitrogênio Amoniacal ( $\text{NH}_4^+\text{NH}_3$ );

Proteína Bruta (PB);

Fibra em Detergente Neutro (FDN), Fibra em Detergente Ácido (FDA);

Celulose e Lignina;

Extrato Etéreo;

Cinza Insolúvel em Detergente Ácido (CIDA);

Minerais: Ca, Mg, S, K, P, Zn, Cd, Fe, Mn, Cu, Cr, Al;

Digestibilidade “in vitro” (DIV).

Os métodos adotados para as análises de DQO, Alcalinidade e Sólidos analisados para os efluentes, foram realizados no Laboratório de Processos Anaeróbios da Escola de Engenharia de São Carlos e obedeceram à padronização de ensaios descrita no STANDARD METHODS FOR EXAMINATION OF WATER AND WASTEWATER (1992).

Os outros parâmetros analisados sofreram adaptação na metodologia empregada, desenvolvida na Embrapa Pecuária Sudeste, em conjunto com a equipe do Laboratório de Nutrição Animal, e que será discriminada conforme a sua citação nos tópicos 4.4.3 e 4.4.4.

#### **4.4.3 Característica das Amostras do Efluente após Tratamento Físico-Químico**

As caracterizações dos efluentes das três coletas (determinação de Sólidos: ST, STF, STV, SST, SSF, SSV, SDT, SDF, SDV, SS; DQO; Alcalinidade Total; Nitrogênio Orgânico; Nitrogênio Amoniacal) seguiram os padrões do STANDARD METHODS FOR EXAMINATION OF WATER AND WASTEWATER (1992).

A metodologia aplicada para determinação de matéria seca e minerais (Zn, Cd, Fe, Mn, Cu, Cr, Al, Ca, Mg, S, K, P) foi baseada em MALAVOLTA et al. (1989) e a digestão prévia das amostras para posteriores leituras foi modificada conforme mencionada a seguir.

**Sólidos (ST, STF, STV, SST, SSF, SSV, SDT, SDF, SDV, SS)**

**Alcalinidade Total**

**DQO**

Amostras: efluente bruto, clarificado e coagulado.

Procedimento: STANDARD METHODS FOR EXAMINATION OF WATER AND WASTEWATER (1992).

### **Nitrogênio (orgânico e amoniacal)**

Amostras: efluente bruto, clarificado e coagulado.

Procedimento: STANDARD METHODS FOR EXAMINATION OF WATER AND WASTEWATER (1992).

Método: Kjeldahl automático

Adaptação: Nitrogênio Orgânico

• Preparo das Amostras e do Processo de Digestão

- a) Selecionar e identificar os tubos de digestão (300 mm de altura);
- b) Pipetar 5 ml das amostras líquidas (fazer um padrão e um branco);
- c) Adicionar 5 ml de H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> concentrado e 0,4 g de catalisador (CuSO<sub>4</sub> + NaSO<sub>4</sub>);
- d) Levar para o bloco digestor e submeter inicialmente à temperatura de 200 °C/1h; aumentar 50 °C de 15'/15' até 400 °C e deixar por 2:30 h.

### **Minerais (Zn, Cd, Fe, Mn, Cu, Cr, Al, Ca, Mg, S, K, P)**

Amostras: efluente bruto, clarificado e coagulado.

Procedimento: MALAVOLTA et al. (1989).

Métodos:

Espectrofotometria de Absorção Atômica por Chama (Zn, Fe, Mn, Cu, Cr, Al, Ca, Mg);

Espectrofotometria de Absorção Atômica por Forno de Grafite (Cd);

Fotometria de Emissão de Chama (K);

Turbidimetria do Sulfato de Bário (S);

Colorimetria do Metavanadato (P).

Adaptação:

• Preparo das Amostras e do Processo de Digestão

- a) Pipetar 5 ml das amostras “in natura”;
- b) Adicionar 5 ml de ácido nitroperclórico (HNO<sub>3</sub>:HClO<sub>4</sub> na proporção de 2:1 v/v);
- c) Deixar na capela *over night*;
- d) Colocar para digerir gradativamente: 50°C/30'; 70°C/30'; 90°C/30'; 120°C/ até reduzir o volume pela metade;
- e) Adicionar mais 5 ml do ácido em cada tubo;
- f) Concentrar até 150 °C/8h;
- g) Adicionar mais 5 ml das amostras líquidas e 5 ml do ácido em todos os tubos;
- h) Concentrar à 120 °C/8h e aumentar gradativamente 150 °C/15'; 170 °C/15'; 190 °C/15'; 220 °C/ até digerir completamente;
- i) Passar as amostras para b;alão de 50 ml e completar o volume com água deionizada.

**OBS:** Usar material desmineralizado para todas as análises, fazer sempre amostras em duplicata, um Branco (apenas reagentes sem a amostra) e um Padrão (concentração conhecida).

#### **4.4.4 Procedimentos dos Ensaios de Digestibilidade e Caracterização do Lodo Resultante do Tratamento Físico-Químico por Flotação**

As amostras de lodo obtidas a partir dos ensaios otimizados das três coletas, foram encaminhadas para o Laboratório de Nutrição Animal da EMBRAPA – CPPSE, na Fazenda Canchim, onde foram realizadas todas as caracterizações físico-químicas e biológicas, já referidas. Como não há métodos oficiais padronizados para manipular resíduos sólidos, ou semi-sólidos, foram feitos inicialmente vários testes afim de se adequar a melhor técnica para análise. Para isso foram necessários aproximadamente 30 dias e só então as caracterizações foram efetivamente iniciadas.

O método aplicado para determinação de matéria seca e minerais (Zn, Cd, Fe, Mn, Cu, Cr, Al, Ca, Mg, S, K, P) foi baseada em MALAVOLTA et al. (1989) e a digestão prévia do lodo para posteriores leituras foi modificada conforme mencionado a seguir.

As análises de Fibra (FDN e FDA), Celulose, Lignina, Extrato Etéreo, Cinzas e DIV seguiram a metodologia descrita por SILVA (1981).

##### **Matéria Seca**

Amostra: Lodo úmido.

Procedimento: MALAVOLTA et al. (1989).

Adaptação:

- Preparo das Amostras: recomenda-se: homogenizar a amostra de lodo antes de submetê-la a secagem e durante a secagem; o volume de lodo despejado em cada bandeja não deve superar a metade do volume da bandeja; verificar se o moinho está seco e limpo antes da moagem.

##### **Nitrogênio (orgânico e amoniacal) e Proteína**

Amostra: Lodo úmido.

Procedimento: STANDARD METHODS FOR EXAMINATION OF WATER AND WASTEWATER (1992).

Método: Kjeldahl automático

Adaptação: nitrogênio orgânico e proteína.

• Preparo das Amostras e do Processo de Digestão

- a) Selecionar e identificar os tubos de digestão (300 mm de altura);
- b) Para amostra seca (Lodo) pesar em torno de 0,2 g (anotar o peso), fazer um padrão e um branco.
- c) Adicionar 5 ml de H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> concentrado e 0,4 g de catalisador (CuSO<sub>4</sub> + NaSO<sub>4</sub>);
- d) Levar para o bloco digestor e submeter inicialmente à temperatura de 200 °C/1 h; aumentar 50 °C de 15'/15' até 400 °C e deixar por 2:30 h.

**Minerais (Zn, Cd, Fe, Mn, Cu, Cr, Al, Ca, Mg, S, K, P)**

Amostra: Lodo seco.

Procedimento: MALAVOLTA et al. (1989).

Métodos:

Espectrofotometria de Absorção Atômica por Chama (Zn, Fe, Mn, Cu, Cr, Al, Ca, Mg);

Espectrofotometria de Absorção Atômica por Forno de Grafite (Cd);

Fotometria de Emissão de Chama (K);

Turbidimetria do Sulfato de Bário (S);

Colorimetria do Metavanadato (P).

Adaptação:

• Preparo das Amostras e do Processo de Digestão

- a) Pesar 0,5 g do lodo seco (anotar o peso);
- b) Adicionar 5 ml de ácido nitroperclórico (HNO<sub>3</sub>:HClO<sub>4</sub> na proporção de 2:1 v/v);
- c) Deixar na capela *over night*;
- d) Colocar para digerir gradativamente: 50°C/30'; 70°C/30'; 90°C/30'; 120°C/ até reduzir o volume pela metade;
- e) Adicionar mais 5 ml do ácido em cada tubo;
- f) Concentrar e aumentar gradativamente 150°C/15'; 170°C/15'; 190°C/15'; 220°C/ até digerir completamente;
- g) Passar as amostras para balão de 50 ml e completar o volume com água deionizada.

**OBS:** Usar material desmineralizado para todas as análises, fazer sempre amostras em duplicata, um Branco (apenas reagentes, sem amostra) e um Padrão (concentração conhecida).

**Digestibilidade in Vitro - DIV**

**Fibra Detergente Ácido e Fibra Detergente Básico – FDA e FDN**

**Cinza Insolúvel em Detergente Ácido - CIDA**

**Celulose e Lignina**

**Extrato Etéreo**

Amostra: Lodo seco.

Procedimento: SILVA (1981).

#### **4.4.5 Equipamentos Utilizados**

Outros equipamentos além dos anteriormente citados, foram utilizados durante os ensaios em laboratório, nas coletas e na caracterização das amostras, e estão relacionados a seguir:

Potenciômetro, marca HANNA, modelo HI 8424, digital e portátil, durante os ensaios de campo e laboratório;

Potenciômetro, marca ORION, modelo 230 A, durante os ensaios de laboratório;

Turbidímetro, marca HACH, modelo 2100P;

Tacômetro, marca DEUMO, amplitude de 16 a 2000 rpm ;

Espectrofotômetro, marca HACH, modelo DR-2000;

Espectrofotômetro, marca HACH, modelo DR-4000;

Reator para digestão, marca HACH, 25 tubos;

Balança analítica, marca MARTE, n.º. AP 2500, sensibilidade 210 g X 0,1 mg;;

Balança analítica marca DENVER INSTRUMENT, modelo AA-160;

Estufa, fabricante FABRE-PRIMAR, amplitude de 50 a 300°C;

Estufa, fabricante BIOMATIC, amplitude de 20 a 120°C;

Mufla, marca FORNITEC, modelo 1997, n.º. 2309;

Bomba de vácuo, marca IBAV, modelo BRD 2, série 871071;

Unidade digestora;

Bureta digital, marca BOECO – Germany, modelo DCB 5000;

Membrana fibra de vidro GF 52/C, ø 47 mm, abertura 1,2 µm, marca Merk;

Dessecador de vidro;

Vidrarias diversas.



## **5 RESULTADOS E DISCUSSÃO**

Neste tópico constam todos os resultados pertinentes aos ensaios de flotação e caracterizações das amostras, realizados durante o trabalho. Estes resultados estão apresentados distintamente nos itens 5.1.1, 5.1.2 e 5.1.3. Nesses itens constam os resultados referente aos ensaios de tratabilidade, caracterização dos efluentes líquidos, caracterização do lodo e sua digestibilidade, para as indústrias estudadas CIRIO BRASIL ALIMENTOS e COLASCRIC.

### **5.1 Resultados**

Os resultados obtidos nos ensaios de tratabilidade, com o equipamento de floculação/flotação em escala de laboratório (flotateste) com aplicação de cloreto férrico como coagulante, encontram-se no item 5.1.1. Estão apresentados os resultados e discussão dos ensaios de tratabilidade pertinentes a primeira e segunda coleta, realizados na indústria de conservas alimentícias CIRIO BRASIL ALIMENTOS, e os resultados e discussão dos ensaios de tratabilidade da coleta de efluente da cooperativa de laticínios de São Carlos e Rio Claro - COLASCRIC.

Nos ensaios com o flotateste foram investigados os seguintes parâmetros: pH de coagulação e dosagem de coagulante, tempo e gradiente médio de velocidade de floculação e fração de recirculação fornecida ao processo. Após a obtenção das condições adequadas de coagulação, floculação e quantidade de ar fornecida para a flotação do efluente, foram realizados ensaios adicionais, nessas condições, visando a obtenção de volume de lodo (após flotação) necessário à realização das análises físico-químicas, biológicas e de digestibilidade, programadas para a fase de estudos posterior. O item 5.1.2 apresenta os resultados pertinentes a caracterização do efluente após tratamento físico-químico por flotação e o item 5.1.3 apresenta os resultados dos ensaios de digestibilidade e caracterização do lodo resultante do tratamento físico-químico por flotação.

### **5.1.1 Resultados dos Ensaios em Escala de Laboratório Utilizando o Flotateste com Aplicação de Cloreto Férrico como Coagulante**

As curvas de flotação estão individualmente identificadas por legendas, especificando o parâmetro variado, o valor do pH de coagulação, a velocidade de flotação ( $V_{f_2}=10,0$  cm/min) relativa à amostra coletada para caracterização parcial de DQO, turbidez e cor aparente. De acordo com REALI (1991), as curvas de flotação permitem avaliar a velocidade ascensional dos flocos formados em diferentes condições de coagulação e floculação. A velocidade de flotação dos flocos está associada ao valor da taxa de aplicação superficial em unidades de flotação com escoamento contínuo. Dessa forma, em sua análise, são consideradas melhores as curvas de flotação que resultaram em curvas com os menores valores de “fração de turbidez para velocidade abaixo da estabelecida” (eixo das ordenadas). A coleta das amostras em cinco diferentes tempos durante os ensaios estáticos de flotação permite a construção das curvas de flotação e uma análise aproximada do comportamento hipotético do tratamento em diferentes taxas de aplicação superficial. Deve-se ressaltar que não é válida a correlação direta dos valores absolutos de velocidade de flotação no flotateste com valores de taxa de aplicação superficial em unidade de flotação em escala real. Tal relação pode ser feita apenas com vista à previsão aproximada do desempenho da flotação em reatores de escoamento contínuo operando em diferentes taxas de aplicação superficial. As amostras foram coletadas em cinco valores de velocidade de flotação:  $V_{f_1} = 5,0$  cm/min. (72 m/d),  $V_{f_2}=10,0$  cm/min. (144 m/d),  $V_{f_3}=15,0$  cm/min. (216 m/d),  $V_{f_4}=20,0$  cm/min. (288 m/d),  $V_{f_5}=25,0$  cm/min. (363 m/d).



Primeira Coleta – Indústria de Conservas Alimentícias

**Data: 08 e 09 de setembro/1998**

PRIMEIRA ETAPA: variação da dosagem de cloreto férrico e do pH de coagulação, utilizando o flotateste

As Figuras 5.1 a 5.7 apresentam a razão entre a turbidez e cor aparente da amostra tratada e a turbidez e cor aparente do efluente industrial bruto, em função da velocidade de flotação para dosagens de cloreto férrico (DCF) de 0; 40; 60; 80; 100; 120; 150 e 200 mg/l, e diferentes valores de pH de coagulação. A Figura 5.8 apresenta a eficiência de remoção de DQO em função de diferentes valores de pH de coagulação para todas as dosagens de cloreto férrico estudadas na velocidade de flotação de 10,0 cm/min.

Os dados de monitoramento referente à turbidez, cor aparente e DQO, obtidos nos ensaios de flotação da primeira etapa, estão apresentados nas planilhas C.1 a C.7, Anexo C.

Para todas as dosagens de cloreto férrico foram testados seis diferentes valores de pH de coagulação de: 5,5; 6,0; 6,5; 7,0; 7,5; 8,0. Em relação aos demais parâmetros operacionais foram adotados os seguintes valores:  $G_{mr} = 800 \text{ s}^{-1}$ ;  $T_{mr} = 20 \text{ s}$ ;  $G_f = 40 \text{ s}^{-1}$ ;  $T_f = 12 \text{ min}$ ;  $P_{sat} = 450 \pm 5,0 \text{ kPa}$ ;  $R = 20\%$  (em volume);  $V_{f1} = 5,0 \text{ cm/min}$ ;  $V_{f2} = 10,0 \text{ cm/min}$ ;  $V_{f3} = 15,0 \text{ cm/min}$ ;  $V_{f4} = 20,0 \text{ cm/min}$ ;  $V_{f5} = 25,0 \text{ cm/min}$ , Temperatura =  $20,5 \pm 1,0 \text{ }^\circ\text{C}$ .

Para a dosagem nula de cloreto férrico, foram testados seis valores de pH de coagulação: 5,47; 6,01; 6,48; 6,98; 7,48; 8,05, obtidos com a adição de álcali (solução de barrilha 20%). Observando-se a Figura 5.1, verifica-se que sem a adição de coagulante o pH igual a 8,05 forneceu os melhores resultados de remoção de turbidez para a faixa de velocidades de flotação pesquisada, sendo que para a velocidade de flotação de 10,0 cm/min, obteve-se 21% de remoção de DQO (DQO residual de 722 mg/l), 63% de remoção de turbidez (turbidez residual de 101 uT) e 49% de remoção de cor aparente (cor aparente residual de 1208 uC).

Para dosagem de cloreto férrico de 40 mg/l, foram testados seis valores de pH de coagulação: 5,30; 5,88; 6,44; 6,91; 7,35; 8,12. Observando-se a Figura 5.2, verifica-se que o pH igual 8,12 (adição de 0,000383 mg de barrilha/l de efluente) forneceu os melhores resultados de remoção de turbidez para a faixa de velocidades de flotação pesquisada, sendo que para a velocidade de flotação de 10,0 cm/min, obteve-se 22% de remoção de DQO (DQO residual de 716 mg/l), 69% de remoção de turbidez (turbidez residual de 82,3 uT) e 49% de remoção de cor aparente (cor aparente residual de 992uC).

Para dosagem de cloreto férrico de 60 mg/l, foram testados cinco valores de pH de coagulação: 5,72; 6,24; 6,39; 6,93; 7,79. Observando-se a Figura 5.3, verifica-se que o pH igual 7,79 (adição de 0,000368 mg de barrilha/l de efluente) forneceu os melhores resultados de remoção de turbidez para a faixa de velocidades de flotação pesquisada, sendo que para a velocidade de flotação de 10,0 cm/min, obteve-se 26% de remoção de DQO (DQO residual de 677 mg/l), 74% de remoção de turbidez (turbidez residual de 71,7 uT) e 40% de remoção de cor aparente (cor aparente residual de 1146 uC).

Para dosagem de cloreto férrico de 80 mg/l, foram testados seis valores de pH de coagulação: 5,59; 6,24; 6,67; 6,92; 7,52; 8,22. Observando-se a Figura 5.4, verifica-se que o pH igual a 6,67 (adição de 0,000268 mg de barrilha/l de efluente) forneceu os melhores resultados de remoção de turbidez para a faixa de velocidades de flotação pesquisada, sendo que para a velocidade de flotação de 10,0 cm/min, obteve-se 30% de remoção de DQO (DQO residual de 641mg/l), 79% de remoção de turbidez (turbidez residual de 57,4 uT) e 58% de remoção de cor aparente (cor aparente residual de 930 uC).

Para dosagem de cloreto férrico de 100 mg/l, foram testados seis valores de pH de coagulação: 5,74; 6,16; 6,35; 6,90; 7,43; 8,29. Observando-se a Figura 5.5, verifica-se que pH igual a 6,90 (adição de 0,000250 mg de barrilha/l de efluente) forneceu os melhores resultados de remoção de turbidez para a faixa de velocidades de flotação pesquisada, sendo que para a velocidade de flotação de 10,0 cm/min, obteve-se 29% de remoção de DQO (DQO residual de 655 mg/l), 85% de remoção de turbidez (turbidez residual de 45,2 uT) e 60% de remoção de cor aparente (cor aparente residual de 969 uC).

Para dosagem de cloreto férrico de 120 mg/l, foram testados seis valores de pH de coagulação: 5,72; 6,16; 6,54; 6,93; 7,43; 8,30. Observando-se a Figura 5.6, verifica-se que pH igual a 6,54 (adição de 0,000333 mg de barrilha/l de efluente) forneceu os melhores resultados de remoção de turbidez para a faixa de velocidades de flotação pesquisada, sendo que para a velocidade de flotação de 10,0 cm/min, obteve-se 39% de remoção de DQO (DQO residual de 564 mg/l), 94% de remoção de turbidez (turbidez residual de 16,9 uT) e 80% de remoção de cor aparente (cor aparente residual de 484 uC).

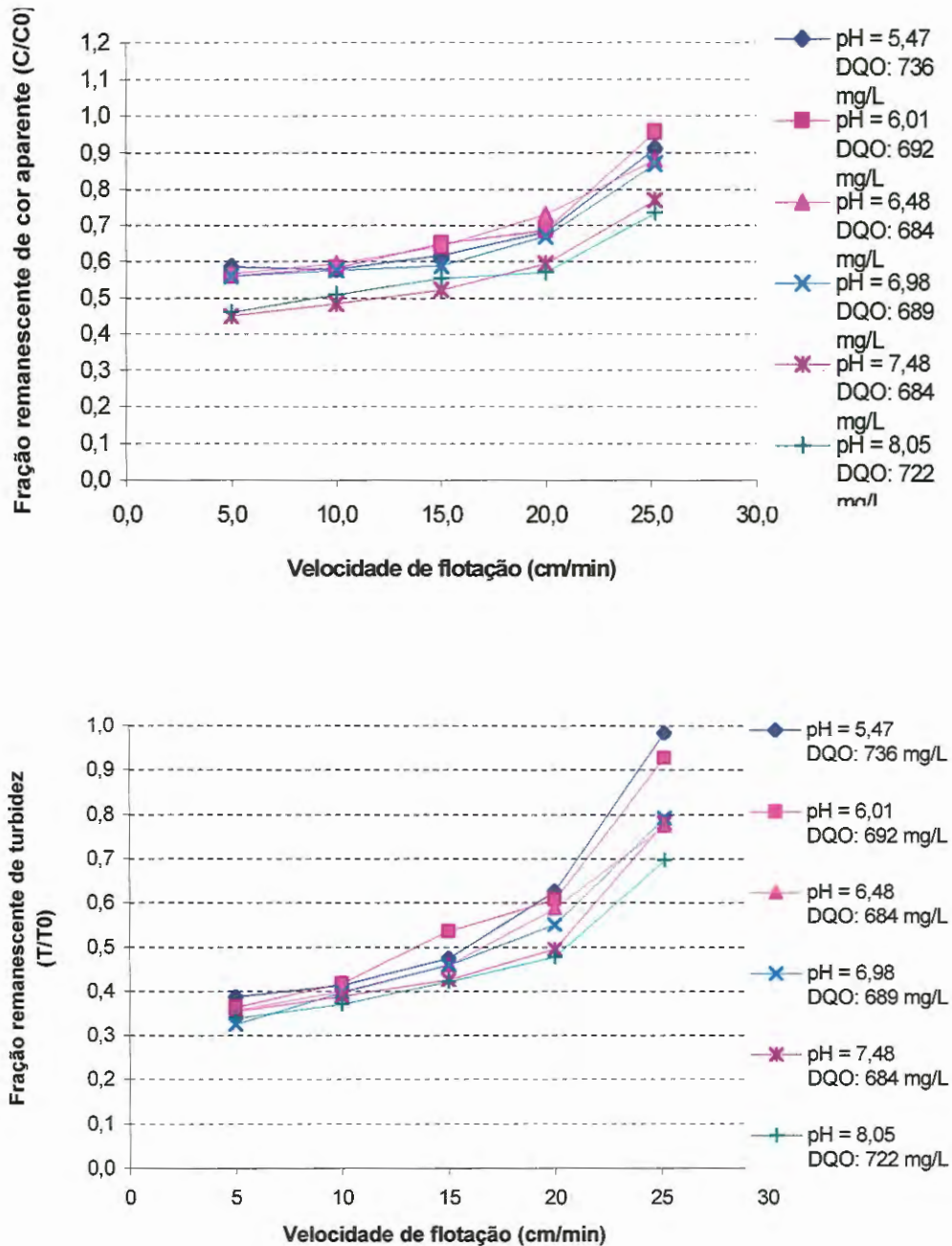


FIGURA 5.1 – Fração remanescente de turbidez (T/T0) e de cor aparente (C/C0) em função da velocidade de flotação para dosagem de cloreto férrico = 0 mg/l à diferentes valores de pH de coagulação.

Ensaio realizado com flotateste e efluente bruto, referente à primeira coleta, da indústria de conservas alimentícias.  $G_{mr} = 800s^{-1}$ ;  $T_{mr} = 20s$ ;  $G_f = 40s^{-1}$ ;  $T_f = 12min$ ;  $R = 20%$  (em volume);  $P_{sat} = 450 \pm 5,0$  kPa. Características do efluente industrial bruto: Turbidez: 337uT; DQO: 918mg/l; Cor aparente: 4320uC; Temperatura:  $20,5 \pm 1,0$  °C.

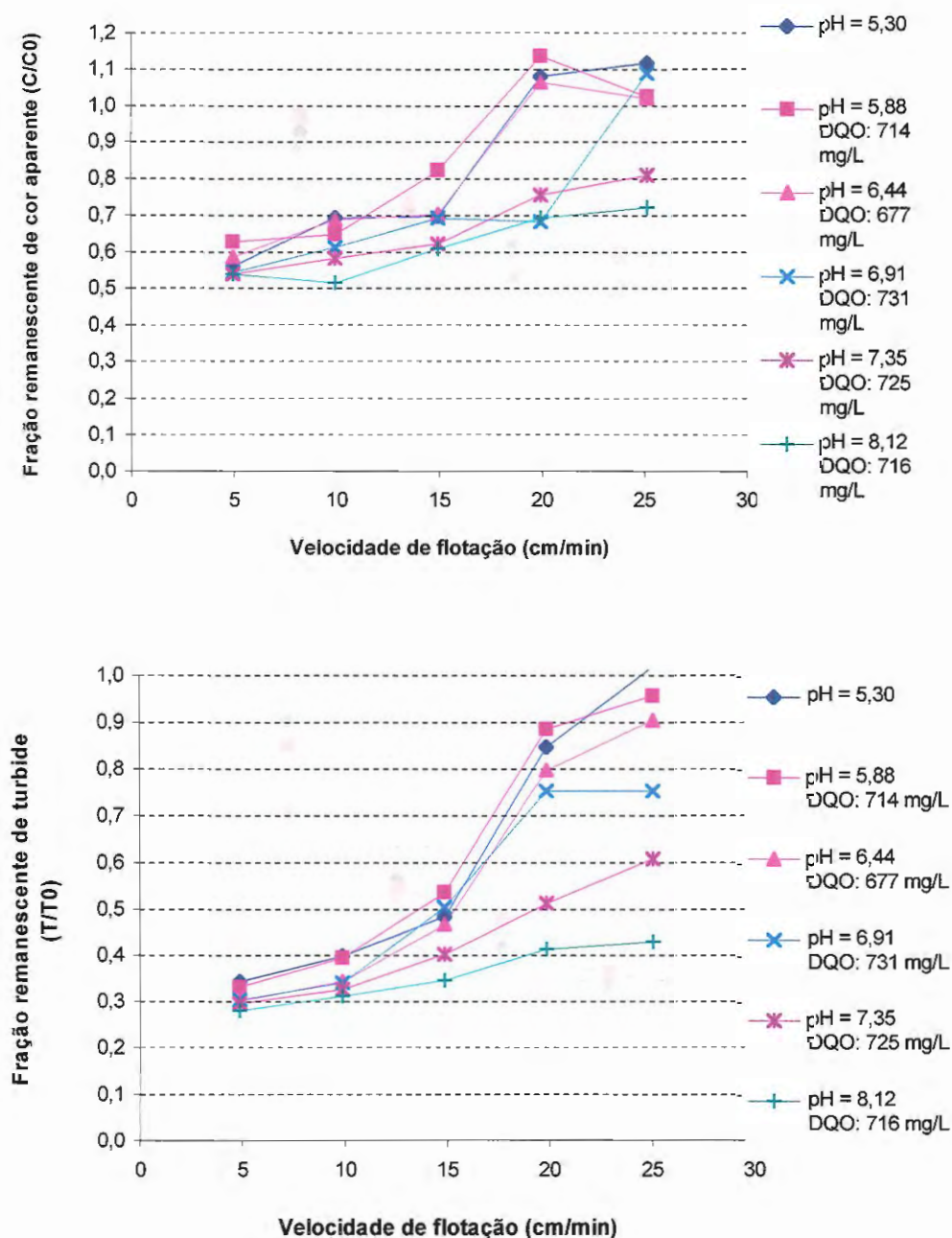


FIGURA 5.2 – Fração remanescente de turbidez (T/T0) e de cor aparente (C/C0) em função da velocidade de flotação para dosagem de cloreto férrico = 40 mg/l à diferentes valores de pH de coagulação

Ensaio realizado com flotateste e efluente bruto, referente à primeira coleta, da indústria de conservas alimentícias.  $G_{mr} = 800s^{-1}$ ;  $T_{mr} = 20s$ ;  $G_f = 40s^{-1}$ ;  $T_f = 12min$ ;  $R = 20\%$  (em volume);  $P_{sat} = 450 \pm 5,0$  kPa. Características do efluente industrial bruto: Turbidez: 337uT; DQO: 918mg/l; Cor aparente: 4320uC; Temperatura:  $20,5 \pm 1,0$  °C.

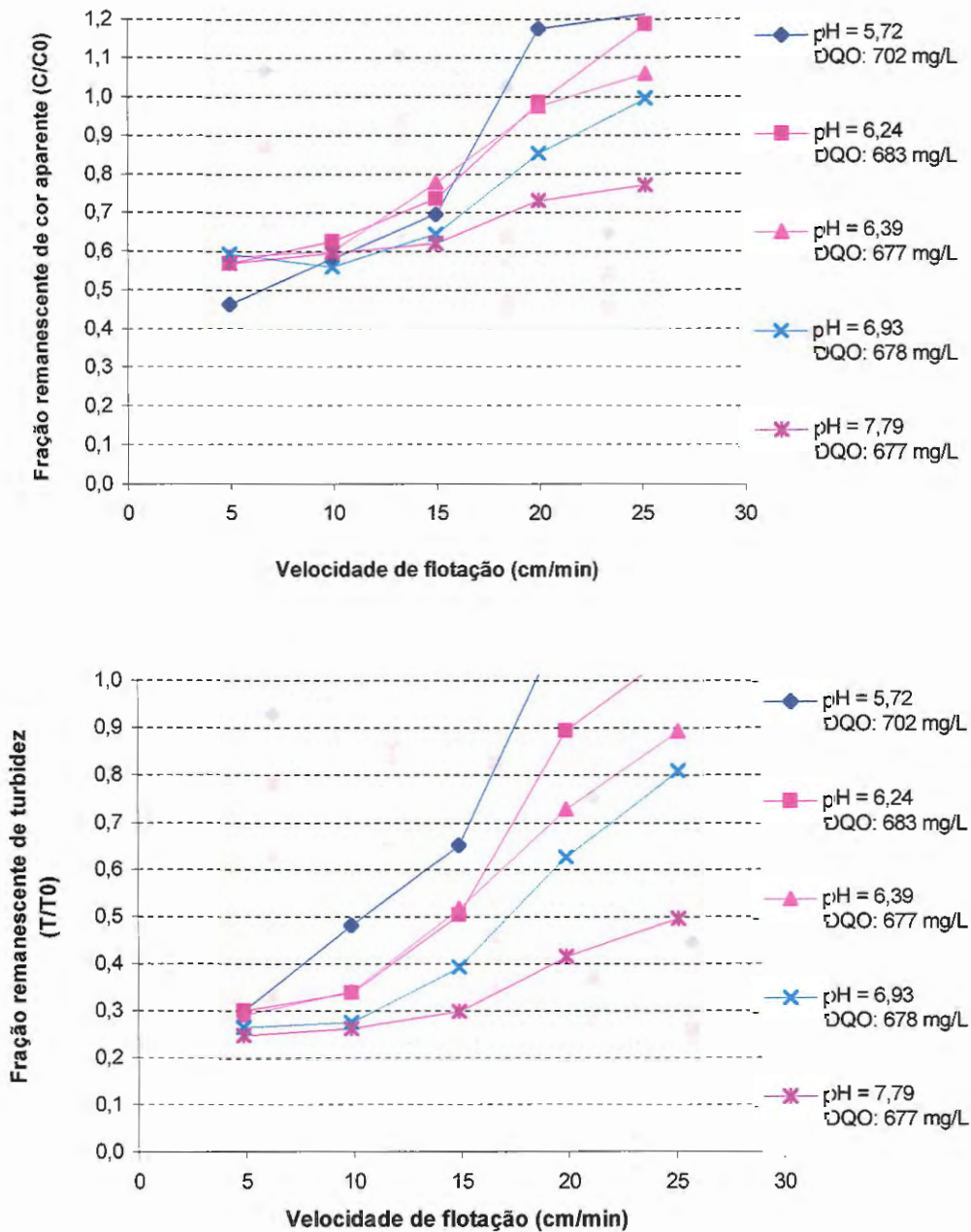


FIGURA 5.3 – Fração remanescente de turbidez (T/T0) e de cor aparente (C/C0) em função da velocidade de flotação para dosagem de cloreto férrico = 60 mg/l e diferentes valores de pH de coagulação.

Ensaio realizado com flotateste e efluente bruto, referente à primeira coleta, da indústria de conservas alimentícias.  $G_{mr} = 800s^{-1}$ ;  $T_{mr} = 20s$ ;  $G_f = 40s^{-1}$ ;  $T_f = 12min$ ;  $R = 20\%$  (em volume);  $P_{sat} = 450 \pm 5,0$  kPa. Características do efluente industrial bruto: Turbidez: 337uT; DQO: 918mg/l; Cor aparente: 4320uC; Temperatura:  $20,5 \pm 1,0$  °C.

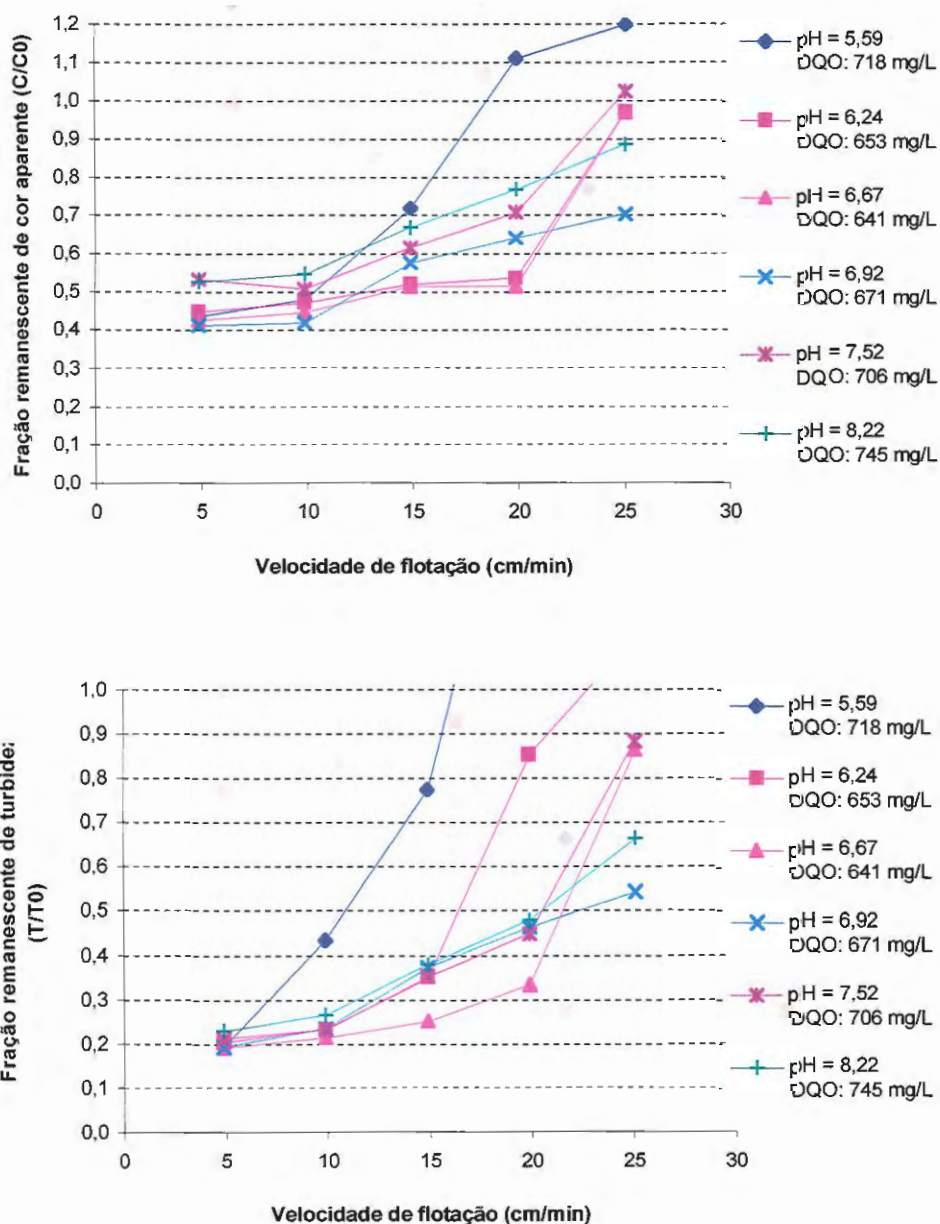


FIGURA 5.4 – Fração remanescente de turbidez (T/T0) e de cor aparente (C/C0) em função da velocidade de flotação para dosagem de cloreto férrico = 80 mg/l e diferentes valores de pH de coagulação.

Ensaio realizado com flotateste e efluente bruto, referente à primeira coleta, da indústria de conservas alimentícias.  $G_{mr} = 800s^{-1}$ ;  $T_{mr} = 20s$ ;  $G_f = 40s^{-1}$ ;  $T_f = 12min$ ;  $R = 20\%$  (em volume);  $P_{sat} = 450 \pm 5,0 kPa$ . Características do efluente industrial bruto: Turbidez: 337uT; DQO: 918mg/l; Cor aparente: 4320uC; Temperatura:  $20,5 \pm 1,0 ^\circ C$ .

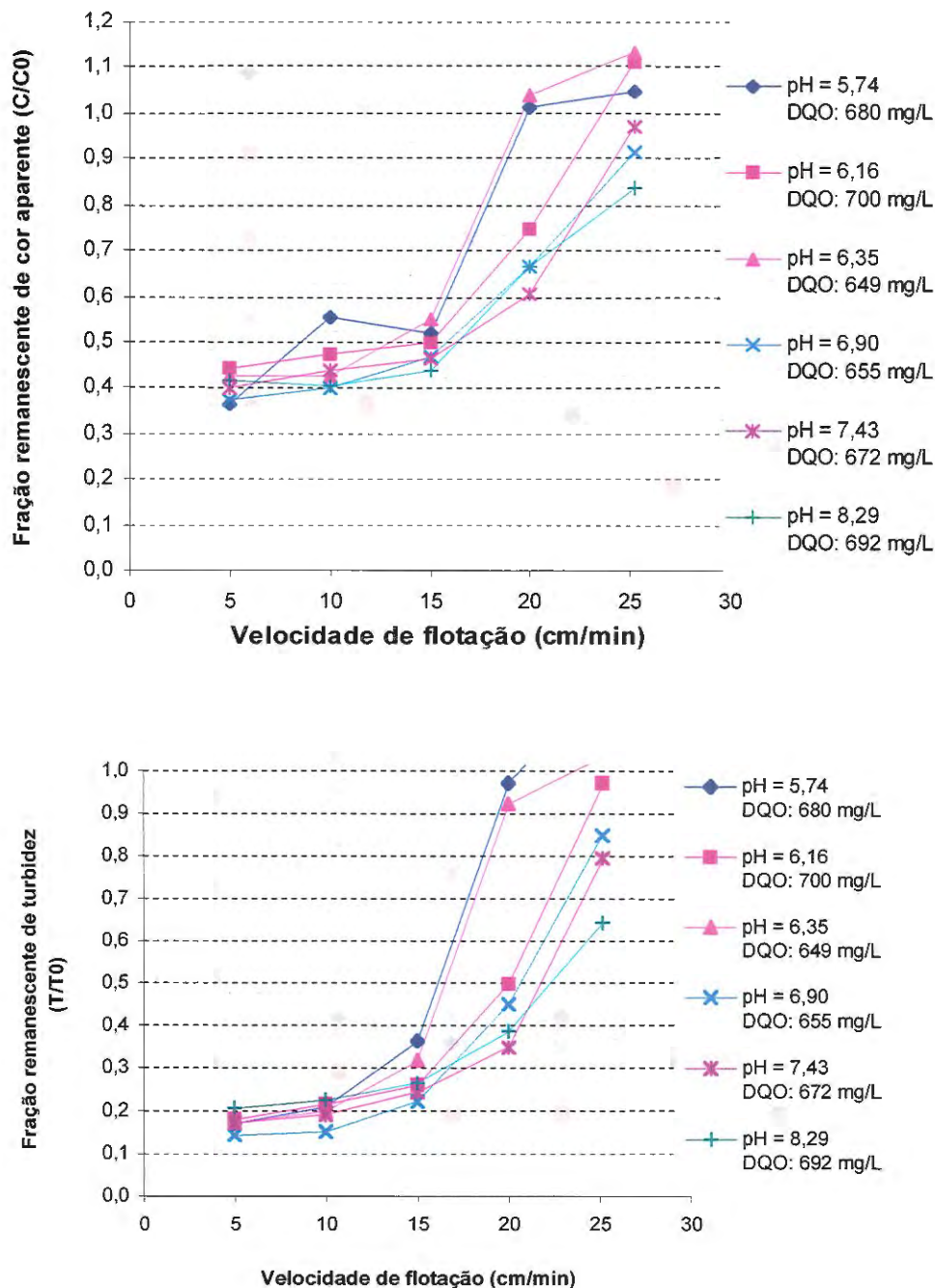


FIGURA 5.5 – Fração remanescente de turbidez ( $T/T_0$ ) e de cor aparente ( $C/C_0$ ) em função da velocidade de flotação para dosagem de cloreto férrico = 100 mg/l e diferentes valores de pH de coagulação.

Ensaio realizado com flotatesto e efluente bruto, referente à primeira coleta, da indústria de conservas alimentícias.  $G_{mr} = 800s^{-1}$ ;  $T_{mr} = 20s$ ;  $G_f = 40s^{-1}$ ;  $T_f = 12min$ ;  $R = 20%$  (em volume);  $P_{sat} = 450 \pm 5,0$  kPa. Características do efluente industrial bruto: Turbidez: 337uT; DQO: 918mg/l; Cor aparente: 4320uC; Temperatura:  $20,5 \pm 1,0$  °C.

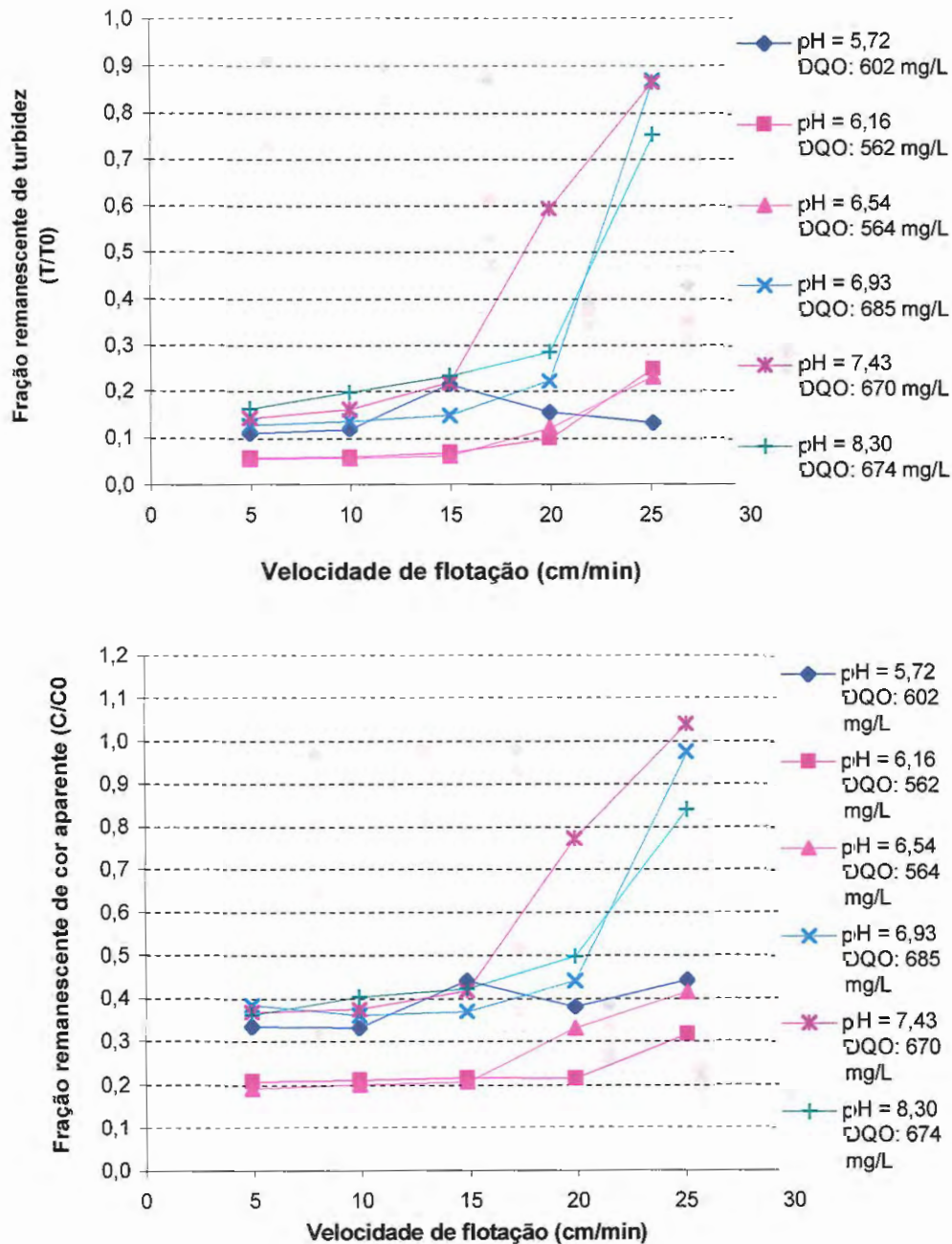


FIGURA 5.6 – Fração remanescente de turbidez (T/T0) e de cor aparente (C/C0) em função da velocidade de flotação para dosagem de cloreto férrico = 120 mg/l e diferentes valores de pH de coagulação.

Ensaio realizado com flotateste e efluente bruto, referente à primeira coleta, da indústria de conservas alimentícias.  $G_{mr} = 800s^{-1}$ ;  $T_{mr} = 20s$ ;  $G_f = 40s^{-1}$ ;  $T_f = 12min$ ;  $R = 20\%$  (em volume);  $P_{sat} = 450 \pm 5,0 kPa$ . Características do efluente industrial bruto: Turbidez: 337uT; DQO: 918mg/l; Cor aparente: 4320uC; Temperatura:  $20,5 \pm 1,0 ^\circ C$ .



Na Tabela 5.1, é apresentada a eficiência prevista de remoção de turbidez para diferentes velocidades de flotação, referentes apenas às condições ótimas de pH de coagulação para cada dosagem de cloreto férrico investigada. Observa-se que em relação a remoção de turbidez os melhores resultados foram obtidos para dosagem de cloreto férrico igual a 120 mg/l, a um pH de coagulação de 6,54, com remoções acima de 90% de turbidez para velocidades de flotação de 5,0, 10,0 e 15,0 cm/min, embora a velocidade de 20,0 cm/min para a mesma dosagem, forneça remoção bem próxima, de 88%. Como pode ser observado na Figura 5.7 foram pesquisadas dosagens de cloreto férrico de 150 e 200 mg/l em pH de coagulação de  $6,5 \pm 0,15$ , apresentando resultados relativamente inferiores aos obtidos para DCF=120 mg/l. Embora os resultados de remoção de turbidez para DCF superiores a 40 mg/l tenham ficado em torno de 70 a 90%, apenas a DCF de 120 mg/l atingiu valores de remoção de 94% para velocidades de flotação abaixo de 15,0 cm/min.

Portanto, para esta primeira etapa, os valores obtidos dos parâmetros avaliados para as condições mais adequadas de coagulação foram: DCF = 120 mg/l e pH de coag. entre 6,1 e  $6,5 \pm 0,15$ . Os outros parâmetros permaneceram fixados em:  $G_{mr}=800s^{-1}$ ;  $T_{mr}=20s$ ;  $G_f=40s^{-1}$ ;  $T_f = 12 \text{ min}$ ;  $P_{sat} = 450 \pm 5,0 \text{ kPa}$ ;  $R=20\%$  (em volume);  $V_{f1}=5,0 \text{ cm/min}$ ;  $V_{f2}=10,0 \text{ cm/min}$ ;  $V_{f3} = 15,0 \text{ cm/min}$ ;  $V_{f4} = 20,0 \text{ cm/min}$ ;  $V_{f5} = 25,0 \text{ cm/min}$  e Temperatura= $20,5 \pm 1,0^\circ \text{ C}$ .

TABELA 5.1 – Eficiência (%) de remoção de turbidez referente às condições mais apropriadas de pH de coagulação para cada dosagem de cloreto férrico, investigada em diferentes velocidades de flotação.

Velocidade de flotação		Eficiência de Remoção de Turbidez (%)							
		DCF 0 mg/l	DCF 40 mg/l	DCF 60mg/l	DCF 80 mg/l	DCF 100mg/l	DCF 120mg/l	DCF 150mg/l	DCF 200mg/l
cm/min	m/d	pH <sub>coag</sub> =8,05	pH <sub>coag</sub> =8,12 ( $3,83 \times 10^{-4}$ )*	pH <sub>coag</sub> =7,79 ( $3,68 \times 10^{-4}$ )*	pH <sub>coag</sub> =6,92 ( $3,33 \times 10^{-4}$ )*	pH <sub>coag</sub> =8,29 ( $5,0 \times 10^{-4}$ )*	pH <sub>coag</sub> =6,54 ( $3,33 \times 10^{-4}$ )*	pH <sub>coag</sub> =6,45 ( $4,18 \times 10^{-4}$ )*	pH <sub>coag</sub> =6,68 ( $5,33 \times 10^{-4}$ )*
5,0	72	66	72	75	81	79	94	93	91
10,0	144	63	69	74	76	78	94	92	91
15,0	216	58	65	70	63	74	94	92	90
20,0	288	52	59	58	54	61	88	91	90
25,0	363	30	57	50	46	36	77	90	88

\* Os valores entre () estão em mg de barrilha por litro de efluente e representam a quantidade de barrilha adicionada a amostra de efluente para se atingir os pHs desejados (Tabela B1 - Anexo B).

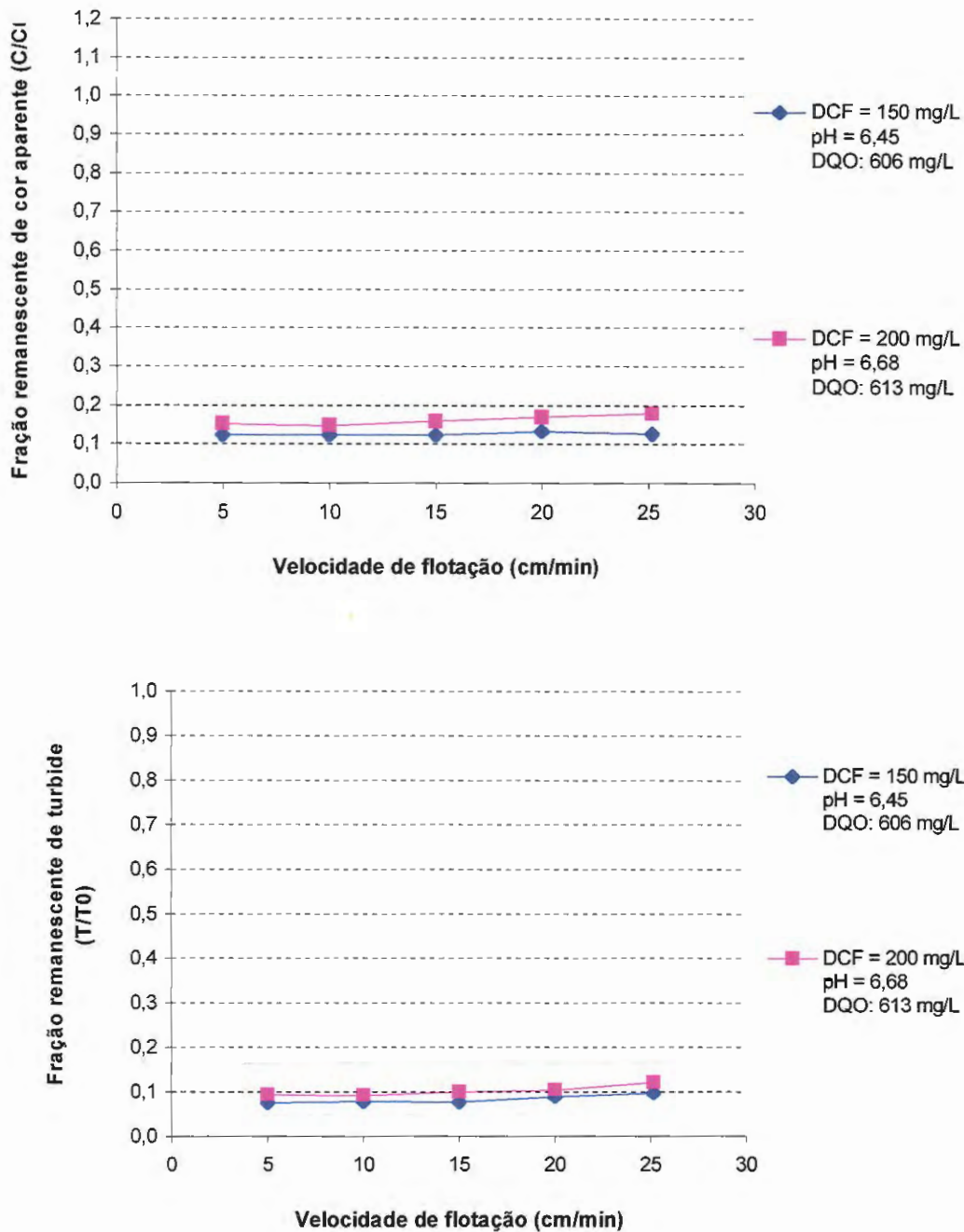


FIGURA 5.7 – Fração remanescente de turbidez (T/T0) e cor aparente (C/C0) em função da velocidade de flotação para dosagem de cloreto férrico = 150 mg/l e 200 mg/l em diferentes valores de pH de coagulação.

Ensaio realizado com flotatestes e efluente bruto, referente à primeira coleta, da indústria de conservas alimentícias.  $G_{mr} = 800s^{-1}$ ;  $T_{mr} = 20s$ ;  $G_f = 40s^{-1}$ ;  $T_f = 12min$ ;  $R = 20\%$  (em volume);  $P_{sat} = 450 \pm 5,0$  kPa. Características do efluente industrial bruto: Turbidez: 337uT; DQO: 918mg/l; Cor aparente: 4320uC; Temperatura:  $20,5 \pm 1,0$  °C.

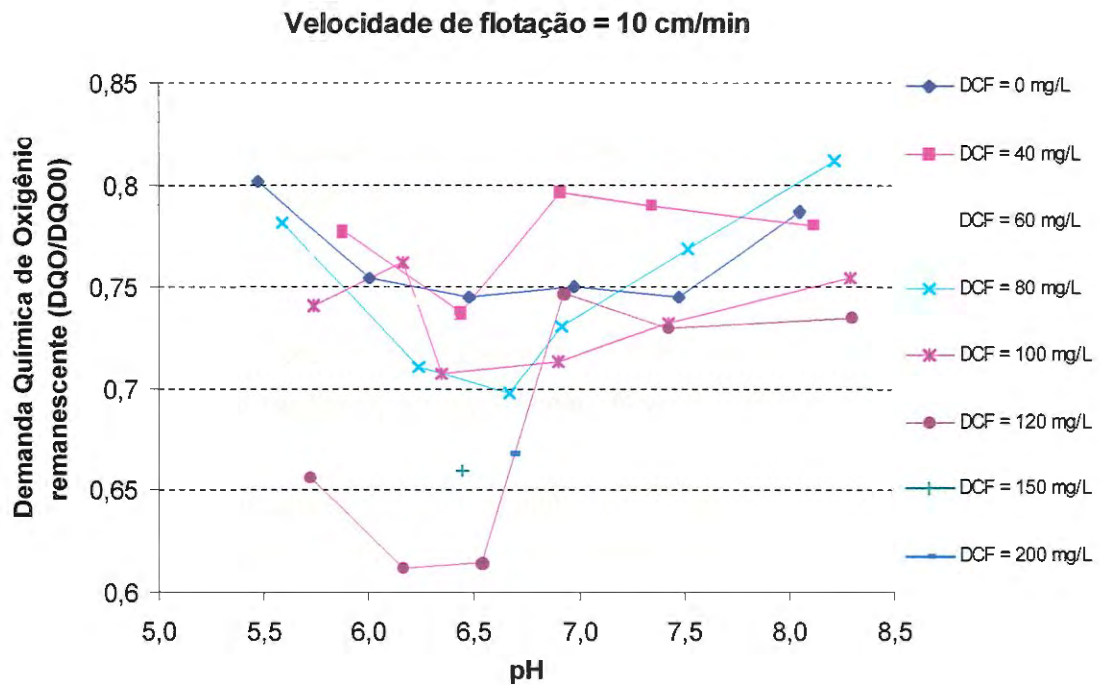


FIGURA 5.8 – Fração remanescente de Demanda Química de Oxigênio ( $DQO/DQO_0$ ) em função de diferentes valores de pH de coagulação para todas as dosagens de cloreto férrico estudadas na velocidade de flotação de 10,0 cm/min.

Ensaio realizado com flotatestes e efluente bruto, referente à primeira coleta, da indústria de conservas alimentícias.  $G_{mr} = 800 s^{-1}$ ;  $T_{mr} = 20 s$ ;  $G_f = 40 s^{-1}$ ;  $T_f = 12 min$ ;  $R = 20\%$  (em volume);  $P_{sat} = 450 \pm 5,0 kPa$ . Características do efluente industrial bruto: Turbidez: 337 uT; DQO: 918 mg/l; Cor aparente: 4320 uC; Temperatura:  $20,5 \pm 1,0 ^\circ C$ .

SEGUNDA ETAPA: variação do tempo de floculação e do gradiente médio de velocidade de floculação utilizando o flotatestes e com aplicação de cloreto férrico como coagulante

Nas Figuras 5.9, 5.11, 5.13 e 5.15 estão apresentadas a razão entre a turbidez da amostra tratada e a turbidez do efluente industrial bruto, em função da velocidade de flotação obtidos nos ensaios realizados variando-se o tempo de floculação em 1, 3, 6, 12 minutos, e diferentes valores de gradientes médios de velocidade de floculação ( $G_f$ ): 40, 60, 80  $s^{-1}$ . Os demais parâmetros operacionais foram mantidos fixos: dosagem de cloreto férrico (DCF) = 120 mg/l e pH de coagulação =  $6,5 \pm 0,15$ , ambos obtidos e julgados mais adequados na primeira etapa;  $T_{mr} = 20 s$ ;  $G_{mr} = 800 s^{-1}$ ;  $R = 20\%$  (em volume);  $P_{sat} = 450 \pm 5,0 kPa$  e

Temperatura da amostra =  $20,5 \pm 1,0$  °C. Nas Tabelas 5.2, 5.3, 5.4, referente aos ensaios estão apresentados os valores de eficiência de remoção de turbidez, cor aparente e DQO, respectivamente, para cada situação investigada, calculados com base nas curvas de flotação apresentadas nas Figuras 5.9, 5.11, 5.13 e 5.15, referente aos Tf de 1, 3, 6 e 12 minutos. As Figuras 5.10, 5.12, 5.14 e 5.16 representam as curvas de flotação para remoção de cor aparente, e a Figura 5.17 apresenta as curvas de remoção de DQO para todos os Tf e Gf estudados.

Os dados de monitoramento referente à turbidez, cor aparente e DQO, obtidos nos ensaios de flotação da segunda etapa, estão apresentados nas planilhas C.8 a C.11, Anexo C.

Analisando as curvas da Figura 5.9 e os dados da Tabela 5.2, referentes aos ensaios com Tf de 1 minuto, observa-se que os valores de Gf de 40 e  $60 \text{ s}^{-1}$  forneceram os melhores resultados de remoção de turbidez por flotação em todas as velocidades de flotação estudadas (5,0 a 25,0 cm/min), com eficiências bem próximas entre si (entre 79% e 80%, para  $V_{\text{flot}}$  de 5,0 e 10,0 cm/min, entre 74% e 76% para  $V_{\text{flot}}$  de 15,0 cm/min, entre 68% e 77%, para  $V_{\text{flot}}$  de 20,0 cm/min e entre 52% e 58%, para  $V_{\text{flot}}$  de 25,0 cm/min). Os valores de Gf investigados para  $V_{\text{flot}}$  de 25,0 cm/min foram ligeiramente inferiores sendo que para Gf de  $80 \text{ s}^{-1}$  os resultados obtidos foram sensivelmente piores.

Na Figura 5.10 e na Tabela 5.2, apresentam-se os resultados de remoção de cor aparente referente aos ensaios. Para Tf de 1 minuto, observa-se que Gf de  $80 \text{ s}^{-1}$  forneceu os melhores resultados de remoção de cor aparente por flotação nas velocidades de flotação de 5,0, 15,0 e 20,0 cm/min, com eficiências de 50%, 49% e 38% respectivamente. Para os valores de Gf de 40 e  $60 \text{ s}^{-1}$  os resultados obtidos foram ligeiramente inferiores, sendo que para todos os Gf investigados na  $V_{\text{flot}}$  de 25,0 cm/min os resultados foram sensivelmente piores.

No que se refere a remoção de DQO para velocidades de flotação de 10,0 cm/min, comparando os Gf na Figura 5.17 e na Tabela 5.4 para os ensaios com Tf de 1 minuto os três valores de Gf estudados 40, 60 e  $80 \text{ s}^{-1}$  apresentaram eficiências bastante próximas (25%, 25% e 22%).

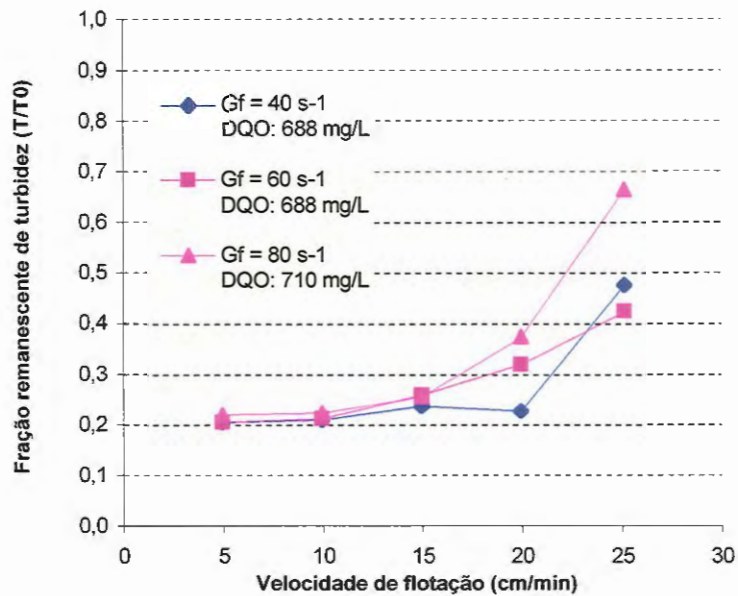


FIGURA 5.9 - Fração remanescente de turbidez ( $T/T_0$ ) em função da velocidade de flotação para tempo de flocação = 1 minuto e diferentes valores de gradiente médio de velocidade de flocação, com aplicação de cloreto férrico. (\*)

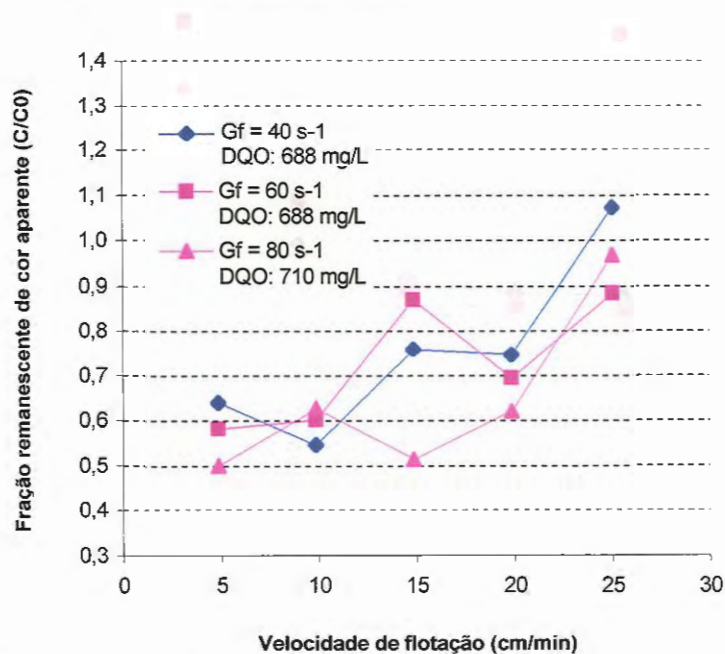


FIGURA 5.10 - Fração remanescente de cor ( $C/C_0$ ) em função da velocidade de flotação para tempo de flocação = 1 minuto e diferentes valores de gradiente médio de velocidade de flocação, com aplicação de cloreto férrico. (\*)

(\*) Ensaio realizado com flotatestes e efluente bruto, referente à primeira coleta, na indústria de conservas alimentícias. DCF = 120 mg/l; pH =  $6,5 \pm 0,15$ ;  $G_{mr} = 800 \text{ s}^{-1}$ ;  $T_{mr} = 20 \text{ s}$ ;  $R = 20\%$  (em volume);  $P_{sat} = 450 \pm 5,0 \text{ kPa}$ . Características do efluente industrial bruto: Turbidez: 337 uT; DQO: 918 mg/l; Cor aparente: 4320 uC; Temperatura:  $20,5 \pm 1,0 \text{ }^\circ\text{C}$ .

Analisando as curvas da Figura 5.11 e os dados da Tabela 5.2, referentes aos ensaios com Tf de 3 minutos, observa-se que os valores de Gf estudados 40, 60 e 80 s<sup>-1</sup> apresentaram resultados de remoção de turbidez por flotação nas velocidades de flotação entre 5,0 a 15,0 cm/min, com eficiências próximas entre si (variando de 78% a 81%). Para V<sub>flot</sub> de 20,0 cm/min, os valores de Gf de 40 e 80 s<sup>-1</sup> apresentaram remoção também próximas (69% e 70%), enquanto o Gf de 60 s<sup>-1</sup> nessa mesma velocidade, apresentou remoção ligeiramente inferior (61%). Para V<sub>flot</sub> de 25,0 cm/min os valores de Gf investigados de 60 e 80 s<sup>-1</sup>, foram sensivelmente piores (28% e 40%). Devido a falhas técnicas durante os ensaios, a amostra correspondente a Gf de 40 s<sup>-1</sup> na V<sub>flot</sub> de 25,0 cm/min foi desprezada, não havendo portanto resultados pertinentes a esse ponto nas curvas.

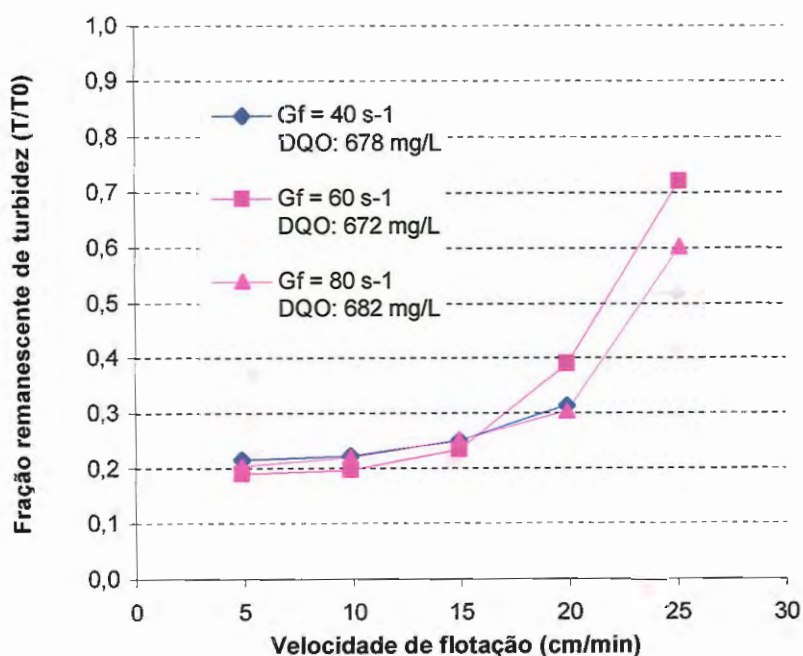


FIGURA 5.11 – Fração remanescente de turbidez (T/T0) em função da velocidade de flotação para tempo de flocação = 3 minutos e diferentes valores de gradiente médio de velocidade de flocação, com aplicação de cloreto férrico.

Ensaio realizado com flotatesto e efluente bruto, referente à primeira coleta, na indústria de conservas alimentícias. DCF = 120 mg/l; pH = 6,5 ± 0,15; Gmr = 800 s<sup>-1</sup>; Tmr = 20 s; R = 20% (em volume); Psat = 450 ± 5,0 kPa. Características do efluente industrial bruto: Turbidez: 337 uT; DQO: 91 8mg/l; Cor aparente: 4320 uC; Temperatura: 20,5 ± 1,0 °C.

Na Tabela 5.3 e na Figura 5.12, apresentam-se os resultados de remoção de cor aparente referente aos ensaios. Para  $T_f$  de 3 minutos, observa-se que  $G_f$  de  $60 \text{ s}^{-1}$  forneceu os melhores resultados de remoção de cor aparente por flotação em todas as velocidades de flotação estudadas (5,0; 10,0; 15,0; 20,0; 25,0 cm/min), com eficiências de 47%, 44%, 42%, 38% e 41% respectivamente. Para os valores de  $G_f$  de  $40 \text{ s}^{-1}$  os resultados obtidos nas  $V_{\text{flot}}$  de 5,0 a 20,0 cm/min foram próximos entre si (38%, 37%, 33% e 37%), porém inferiores se comparados aos  $G_f$  de 60 e  $80 \text{ s}^{-1}$  e sensivelmente piores para  $V_{\text{flot}}$  de 25,0 cm/min (2%). O  $G_f$  de  $80 \text{ s}^{-1}$  apresentou resultados ligeiramente superiores nas  $V_{\text{flot}}$  de 10,0 e 15,0 cm/min (45% e 43%), porém nas  $V_{\text{flot}}$  de 5,0, 20,0 e 25,0 cm/min a eficiência de remoção ficou abaixo de 40%.

No que se refere a remoção de DQO para velocidades de flotação de 10,0 cm/min, comparando os  $G_f$  na Figura 5.17 e na Tabela 5.4 para os ensaios com  $T_f$  de 3 minutos os três valores de  $G_f$  estudados 40, 60 e  $80 \text{ s}^{-1}$  apresentaram eficiências bastante próximas (26%, 26% e 25%).

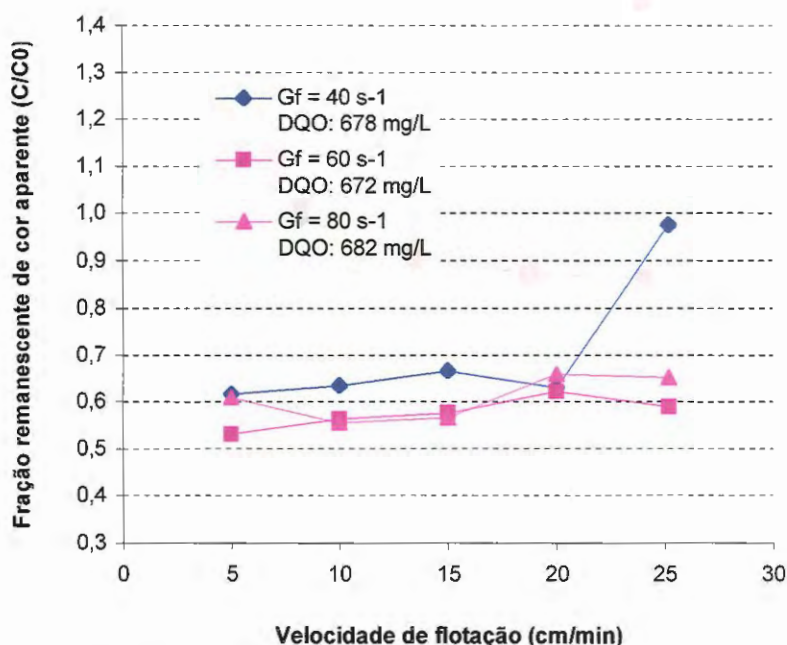


FIGURA 5.12 – Fração remanescente de cor ( $C/C_0$ ) em função da velocidade de flotação para tempo de flocculação = 3 minutos e diferentes valores de gradiente médio de velocidade de flocculação, com aplicação de cloreto férrico.

Ensaio realizado com flotateste e efluente bruto, referente à primeira coleta, na indústria de conservas alimentícias. DCF = 120 mg/l; pH =  $6,5 \pm 0,15$ ;  $G_{mr} = 800 \text{ s}^{-1}$ ;  $T_{mr} = 20 \text{ s}$ ; R = 20% (em volume);  $P_{sat} = 450 \text{ kPa} \pm 5,0$ . Características do efluente industrial bruto: Turbidez: 337 uT; DQO: 918 mg/l; Cor aparente: 4320 uC; Temperatura:  $20,5 \pm 1,0 \text{ }^\circ\text{C}$ .

Analisando as curvas da Figura 5.13 e os dados da Tabela 5.2, referentes aos ensaios com Tf de 6 minutos, observa-se que os valores de Gf de 40 e 60 s<sup>-1</sup> forneceram os melhores resultados de remoção de turbidez por flotação para as velocidades de flotação entre 5,0 e 20,0 cm/min, com eficiências bem próximas entre si (entre 82% e 81%, para V<sub>flot</sub> de 5,0 e 10,0 cm/min, de 78% para V<sub>flot</sub> de 15,0, entre 70% e 68%, para V<sub>flot</sub> de 20,0 cm/min). Os valores de Gf investigados para V<sub>flot</sub> de 25,0 cm/min foram bem inferiores (17% e 13%), sendo que para Gf de 80 s<sup>-1</sup> o resultado obtido foi sensivelmente pior (3%). Para as velocidades de flotação entre 5,0 e 15,0 cm/min, o Gf de 80s<sup>-1</sup> apresentou eficiências de remoção significativas (83%, 82% e 75%), porém na V<sub>flot</sub> de 20,0 cm/min a eficiência caiu para 40%.

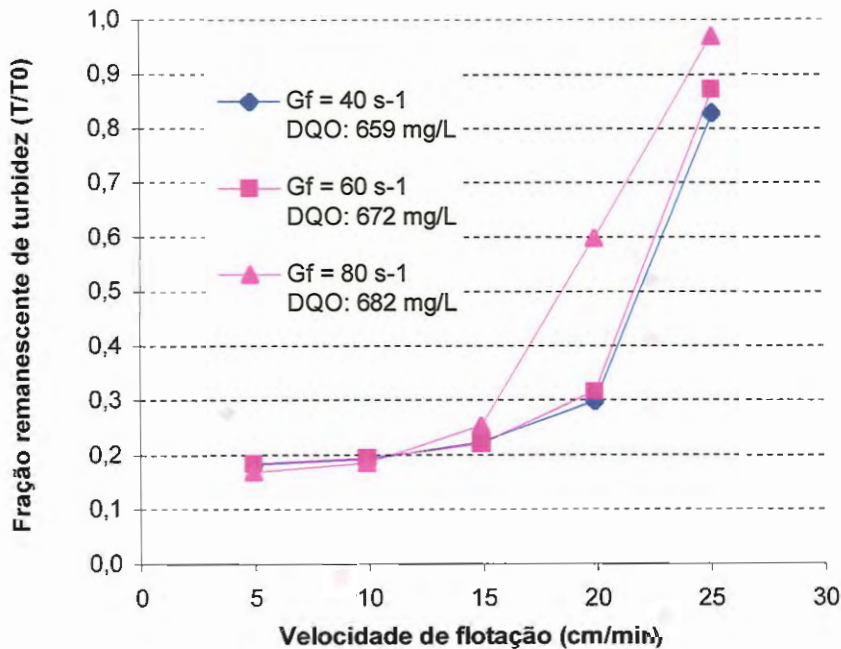


FIGURA 5.13 – Fração remanescente de turbidez (T/T0) em função da velocidade de flotação para tempo de floculação = 6 minutos e diferentes valores de gradiente médio de velocidade de floculação, com aplicação de cloreto férrico.

Ensaio realizado com flotatete e efluente bruto, referente à primeira coleta, na indústria de conservas alimentícias. DCF = 120 mg/l; pH = 6,5±0,15; Gmr = 800s<sup>-1</sup>; Tmr = 20s; R = 20% (em volume); Psat = 450kPa±5,0. Características do efluente industrial bruto: Turbidez: 337uT; DQO: 918mg/l; Cor aparente: 4320uC; Temperatura: 20,5±1,0 °C.



Na Tabela 5.3 e na Figura 5.14, apresentam-se os resultados de remoção de cor aparente referente aos ensaios. Para  $T_f$  de 6 minutos, observa-se que  $G_f$  de 40; 60 e 80  $s^{-1}$  forneceram resultados de remoção de cor aparente por flotação muito próximos nas velocidades de flotação de 5,0; 10,0 e 15,0 cm/min (entre 62%, 51% e 49%, para  $V_{flot}$  de 5,0 cm/min, entre 37%, 44% e 45% para  $V_{flot}$  de 10,0 cm/min, entre 47%, 51% e 46% para  $V_{flot}$  de 15,0 cm/min). Para os valores de  $G_f$  de 40 e 60  $s^{-1}$  os resultados obtidos na velocidade de flotação de 20,0 cm/min estiveram abaixo de 40% (36% e 37%); e o  $G_f$  de 80  $s^{-1}$  com apenas 14%. Todos os  $G_f$  investigados na  $V_{flot}$  de 25,0 cm/min apresentaram resultados sensivelmente piores (4% para  $G_f$  de 40  $s^{-1}$  e 0% para os  $G_f$  de 60 e 80  $s^{-1}$ ).

No que se refere a remoção de DQO para velocidades de flotação de 10,0 cm/min, comparando os  $G_f$  na Figura 5.17 e na Tabela 5.4 para os ensaios com  $T_f$  de 6 minutos os três valores de  $G_f$  estudados (40, 60 e 80  $s^{-1}$ ) apresentaram eficiências próximas (28%, 26% e 25%), sendo que para  $G_f$  de 40  $s^{-1}$  o resultado foi ligeiramente melhor.

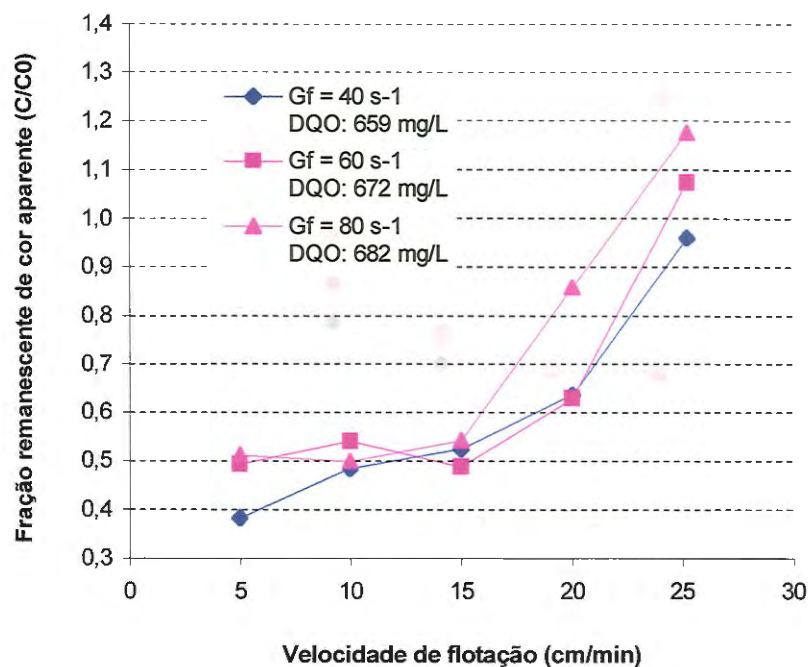


FIGURA 5.14 – Fração remanescente de cor aparente ( $C/C_0$ ) em função da velocidade de flotação para tempo de flocação = 6 minutos e diferentes valores de gradiente médio de velocidade de flocação, com aplicação de cloreto férrico.

Ensaio realizado com flotatesta e efluente bruto, referente à primeira coleta, na indústria de conservas alimentícias. DCF = 120 mg/l; pH = 6,5±0,15;  $G_{mr}$  = 800s<sup>-1</sup>;  $T_{mr}$  = 20s; R = 20% (em volume);  $P_{sat}$  = 450kPa±5,0. Características do efluente industrial bruto: Turbidez: 337uT; DQO: 918mg/l; Cor aparente: 4320uC; Temperatura: 20,5±1,0 °C.

Analisando as curvas da Figura 5.15 e os dados da Tabela 5.2, referentes aos ensaios com Tf de 12 minutos, observa-se que o valor de Gf de  $40\text{s}^{-1}$  forneceu os melhores resultados de remoção de turbidez por flotação em todas as velocidades de flotação estudadas (5,0 a 25,0 cm/min), apresentando eficiências de remoção próximas entre si em relação aos Gf de 60 e  $80\text{s}^{-1}$  para as velocidades de 5,0; 10,0; 15,0 e 20,0 cm/min (de 83%, 84% e 83% para  $V_{\text{flot}}$  de 5,0 cm/min; de 83%, 83% e 82% para  $V_{\text{flot}}$  de 10,0 cm/min; de 81%, 76% e 77% para  $V_{\text{flot}}$  de 15,0 cm/min; de 73%, 66% e 56% para  $V_{\text{flot}}$  de 20,0 cm/min). Os valores de Gf investigados para  $V_{\text{flot}}$  de 25,0 cm/min foram sensivelmente piores para todos os Gf estudados (21% para Gf de  $40\text{s}^{-1}$ , 2% para Gf de  $60\text{s}^{-1}$  e 0% para Gf de  $80\text{s}^{-1}$ ).

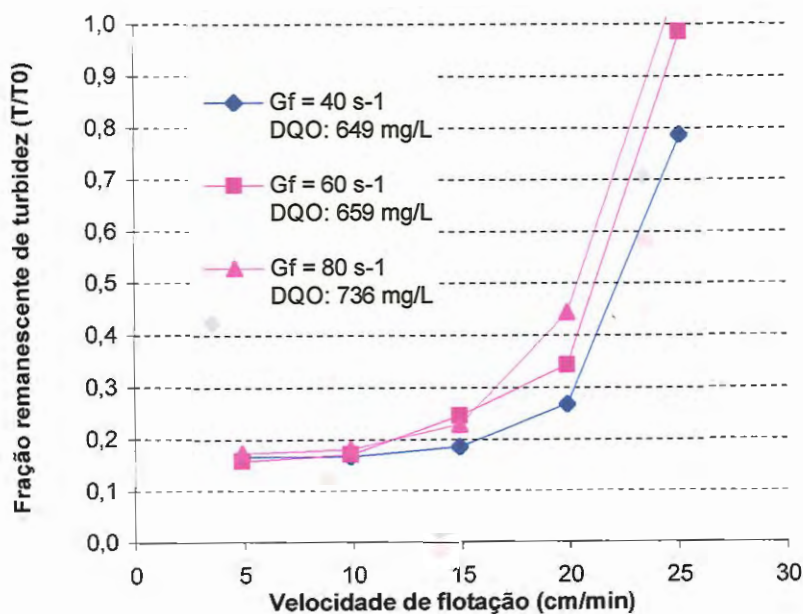


FIGURA 5.15 – Fração remanescente de turbidez (T/T0) em função da velocidade de flotação para tempo de floculação = 12 minutos e diferentes valores de gradiente médio de velocidade de floculação, com aplicação de cloreto férrico.

Ensaio realizado com flotatesto e efluente bruto, referente à primeira coleta, na indústria de conservas alimentícias. DCF = 120 mg/l; pH = 6,5±0,15; Gmr =  $800\text{s}^{-1}$ ; Tmr = 20s; R = 20% (em volume); Psat = 450kPa±5,0. Características do efluente industrial bruto: Turbidez: 337uT; DQO: 918mg/l; Cor aparente: 4320uC; Temperatura: 20,5±1,0 °C.

Na Tabela 5.3 e na Figura 5.16, apresentam-se os resultados de remoção de cor aparente referente aos ensaios. Para  $T_f$  de 12 minutos, observa-se que  $G_f$  de  $80 \text{ s}^{-1}$  forneceu o melhor resultado de remoção de cor aparente por flotação na velocidade de  $15,0 \text{ cm/min}$ , com eficiência de 61%, bem próximo ao resultado obtido para  $G_f$  de  $60 \text{ s}^{-1}$  na velocidade de flotação de  $5,0 \text{ cm/min}$  com eficiência de 59%. Os outros resultados obtidos ficaram abaixo de 50%, sendo que para todos os  $G_f$  investigados na  $V_{\text{flot}}$  de  $25,0 \text{ cm/min}$  não houve remoção alguma (0% de eficiência).

No que se refere a remoção de DQO para velocidades de flotação de  $10,0 \text{ cm/min}$ , comparando os  $G_f$  na Figura 5.17 e na Tabela 5.4 para os ensaios com  $T_f$  de 12 minutos os três valores de  $G_f$  estudados  $40$  e  $60 \text{ s}^{-1}$  apresentaram eficiências bastante próximas (29%, e 28%), sendo que para  $G_f$  de  $80 \text{ s}^{-1}$  a eficiência de remoção de DQO foi substancialmente inferior apresentando apenas 12%.

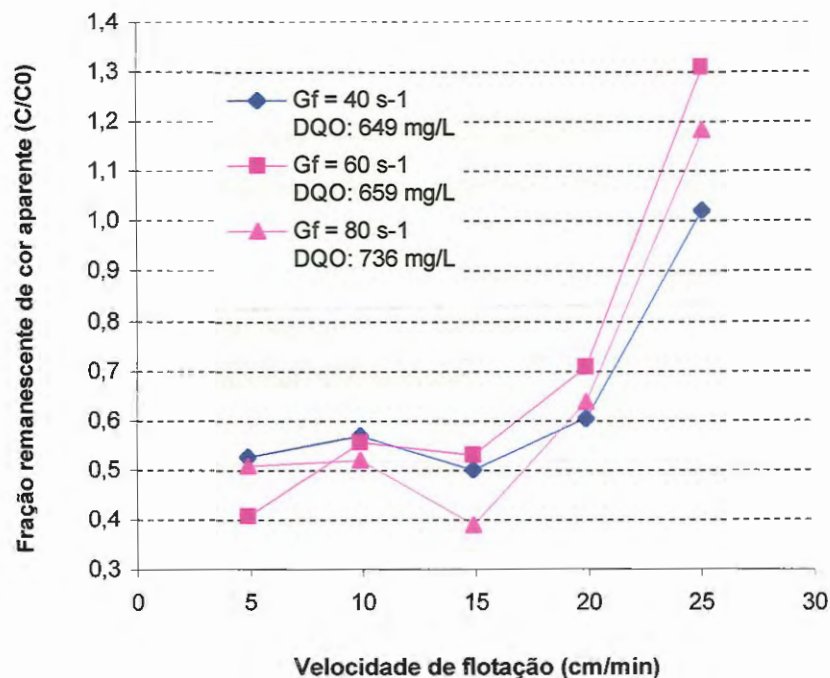


FIGURA 5.16 – Fração remanescente de cor aparente ( $C/C_0$ ) em função da velocidade de flotação para tempo de floculação = 12 minutos e diferentes valores de gradiente médio de velocidade de floculação, com aplicação de cloreto férrico.

Ensaio realizado com flotatesto e efluente bruto, referente à primeira coleta, na indústria de conservas alimentícias. DCF =  $120 \text{ mg/l}$ ;  $\text{pH} = 6,5 \pm 0,15$ ;  $G_{\text{mr}} = 800 \text{ s}^{-1}$ ;  $T_{\text{mr}} = 20 \text{ s}$ ;  $R = 20\%$  (em volume);  $P_{\text{sat}} = 450 \text{ kPa} \pm 5,0$ . Características do efluente industrial bruto: Turbidez:  $337 \text{ uT}$ ; DQO:  $918 \text{ mg/l}$ ; Cor aparente:  $4320 \text{ uC}$ ; Temperatura:  $20,5 \pm 1,0 \text{ }^\circ\text{C}$ .

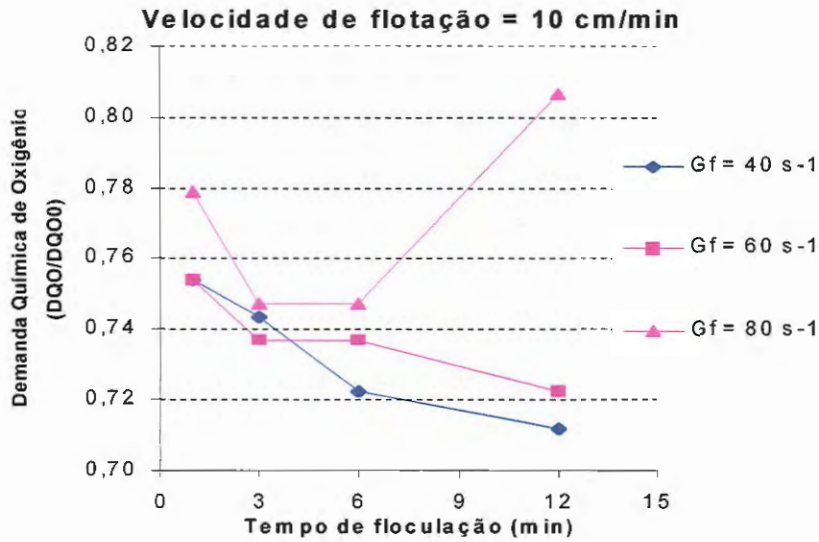


FIGURA 5.17 - Fração remanescente de DQO (DQO/DQO0) em função dos tempos de floculação para os gradientes médio de velocidade de flotação estudados. (\*)

TABELA 5.2 –Eficiência teórica de remoção de turbidez referente aos valores de tempo de floculação (Tf) e de gradiente médio de floculação investigados em diferentes velocidades de flotação, com aplicação de cloreto férrico. (\*)

Tf (min)	Gf (s <sup>-1</sup> )	Eficiência de Remoção de Turbidez (%)				
		Velocidade de flotação (cm/min)				
		5,0	10,0	15,0	20,0	25,0
1	40	79	79	76	77	52
	60	80	79	74	68	58
	80	78	78	74	62	33
3	40	78	78	75	69	-
	60	81	80	77	61	28
	80	80	78	75	70	40
6	40	82	81	78	70	17
	60	82	81	78	68	13
	80	83	82	75	40	3
12	40	83	83	81	73	21
	60	84	83	76	66	2
	80	83	82	77	56	0

(-) Caracterização não realizada

TABELA 5.3 –Eficiência de remoção de cor aparente referente aos valores de tempo de floculação (Tf) e de gradiente médio de floculação investigados em diferentes velocidades de flotação, com aplicação de cloreto férrico. (\*)

Tf (min)	Gf (s <sup>-1</sup> )	Eficiência de Remoção de Cor Aparente (%)				
		Velocidade de flotação (cm/min)				
		5,0	10,0	15,0	20,0	25,0
1	40	36	45	24	25	0
	60	42	40	13	31	12
	80	50	37	49	38	3
3	40	38	37	33	37	2
	60	47	44	42	38	41
	80	39	45	43	34	35
6	40	62	52	47	36	4
	60	51	46	51	37	0
	80	49	50	46	14	0
12	40	47	43	50	40	0
	60	59	44	47	39	0
	80	49	48	61	36	0

(\*) Ensaios realizados com flotatestes e efluente bruto, referente à primeira coleta, na indústria de conservas alimentícias. DCF = 120 mg/l; pH = 6,5±0,15; Gmr = 800s<sup>-1</sup>; Tmr = 20s; R = 20% (em volume); Psat = 450kPa±5,0. Características do efluente industrial bruto: Turbidez: 337uT; DQO: 918mg/l; Cor aparente: 4320uC; Temperatura: 20,5±1,0 °C.

TABELA 5.4 –Eficiência de remoção de DQO referente aos valores de tempo de floculação (Tf) e de gradiente médio de floculação investigados para a velocidade de flotação de 10,0 cm/min, com aplicação de cloreto férrico.

Gf (s <sup>-1</sup> )	Eficiência de Remoção de DQO (%)			
	Velocidade de flotação 10,0 cm/min			
	Tf: 1 min	Tf: 3 min	Tf: 6 min	Tf: 12 min
40	25	26	28	29
60	25	26	26	28
80	22	25	25	19

Ensaio realizado com flotatestes e efluente bruto, referente à primeira coleta, na indústria de conservas alimentícias. DCF = 120 mg/l; pH = 6,5 ± 0,15; Gmr = 800 s<sup>-1</sup>; Tmr = 20 s; R = 20% (em volume); Psat = 450 ± 5,0 kPa. Características do efluente industrial bruto: Turbidez: 337 uT; DQO: 918 mg/l; Cor aparente: 4320 uC; Temperatura: 20,5 ± 1,0 °C.

Portanto, para esta segunda etapa, os valores obtidos dos parâmetros avaliados para as condições mais adequadas de floculação foram: Gf = 40 s<sup>-1</sup>; Tf = 12 minutos. Os outros parâmetros permaneceram fixados em: DCF = 120 mg/l e pH de coag. = 6,5 ± 0,15 (obtidos na primeira etapa); Gmr = 800 s<sup>-1</sup>; Tmr = 20 s; Psat = 450±5,0 kPa; R = 20% (em volume); Vf<sub>1</sub> = 5,0 cm/min; Vf<sub>2</sub> = 10,0 cm/min; Vf<sub>3</sub> = 15,0 cm/min; Vf<sub>4</sub> = 20,0 cm/min; Vf<sub>5</sub> = 25,0 cm/min e Temperatura da amostra = 20,5±1,0 °C

TERCEIRA ETAPA: variação da quantidade de ar fornecida ao sistema utilizando o flotatestes e com aplicação de cloreto férrico como coagulante

Na Figura 5.18 são apresentados os valores da razão entre a turbidez da amostra tratada e a turbidez do efluente industrial bruto, em função da velocidade de flotação para pressão de saturação (Psat) de 450±5,0 kPa e frações de recirculação (R) de 15%, 20%, 30% e 40% (em volume). Os demais parâmetros operacionais foram mantidos fixos: dosagem de cloreto férrico (DCF) = 120 mg/l e pH de coagulação igual a 6,5±0,15, ambos obtidos e julgados mais adequados na primeira etapa de estudos; Tf = 12 minutos e Gf = 40 s<sup>-1</sup> ambos obtidos e julgados mais adequados na segunda etapa de estudos; Tmr = 20s; Gmr = 800 s<sup>-1</sup> e Temperatura da amostra = 20,5 ± 1,0 °C. Nas Tabelas 5.5, 5.6, 5.7, também referente aos mesmos ensaios, estão apresentados os valores de eficiência de remoção de turbidez, cor aparente e DQO, respectivamente, para cada situação investigada, calculados com base nas

curvas de flotação apresentadas na Figura 5.18. A Figura 5.19 representa as curvas de flotação para remoção de cor aparente, e a Figura 5.20 apresenta as curvas de remoção de DQO para as frações de recirculação estudadas.

Os dados de monitoramento referente à turbidez, cor aparente e DQO, obtidos nos ensaios de flotação da terceira etapa, estão apresentados nas planilhas C.12 a C.15, Anexo C.

Analisando as curvas da Figura 5.18 e os dados da Tabela 5.5, observa-se que para todos os valores de R estudados (15%, 20%, 30% e 40%) a remoção de turbidez por flotação nas velocidades de 5,0 a 20,0 cm/min apresentaram eficiências bastante próximas entre si (83%, 83%, 81% e 81% para  $V_{\text{flot}}$  de 5,0 cm/min, 82%, 81%, 80% e 80% para  $V_{\text{flot}}$  de 10,0 cm/min, e 79%, 71%, 77% e 75% para  $V_{\text{flot}}$  de 15,0 cm/min). Dentre esses valores de R comentados anteriormente, o de 15% forneceu resultados ligeiramente melhores que os demais, embora próximos. Para todos os valores de R estudados com  $V_{\text{flot}}$  acima de 15,0 cm/min, forneceram resultados inferiores aos comentados anteriormente (entre 71% e 55% para  $V_{\text{flot}}$  de 20,0 cm/min e entre 16% e 57% para  $V_{\text{flot}}$  de 25,0 cm/min). Os valores de R estudados para a velocidade de flotação de 25,0 cm/min apresentaram resultados inferiores aos observados para  $V_{\text{flot}}$  entre 5,0 e 20,0 cm/min, sendo que para R de 30% e 40% a eficiência de remoção de turbidez foi sensivelmente pior (16% e 24%).

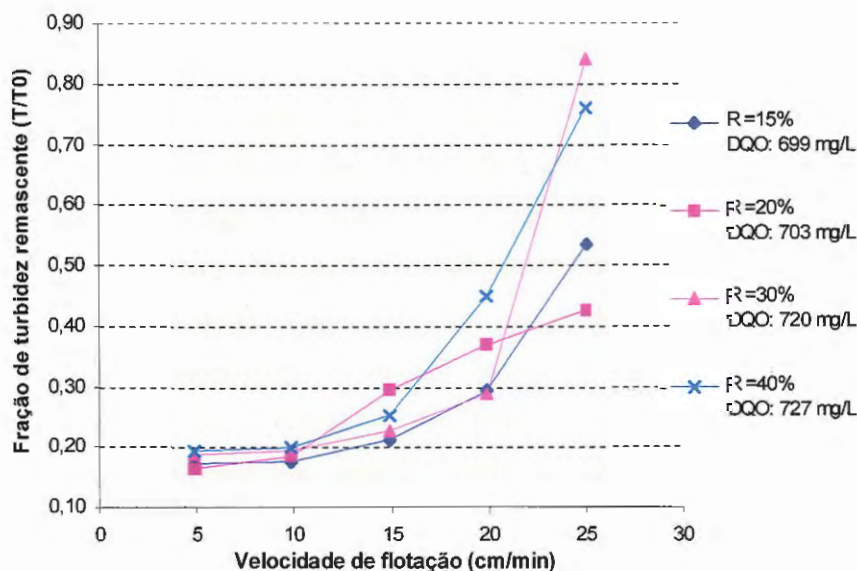


FIGURA 5.18 – Fração remanescente de turbidez (T/T0) em função da velocidade de flotação para diferentes valores de quantidade de ar fornecida, com aplicação de cloreto férrico.

Ensaio realizado com flotateste e efluente bruto, referente à primeira coleta, na indústria de conservas alimentícias. DCF = 120 mg/l; pH = 6,5 ± 0,15; Tf = 12 min; Gf = 40 s<sup>-1</sup>; Gmr = 800 s<sup>-1</sup>; Tmr = 20s; Psat = 450 ± 5,0 kPa. Características do efluente industrial bruto: Turbidez: 337 uT; DQO: 918 mg/l; Cor aparente: 4320 uC; Temperatura: 20,5 ± 1,0 °C.

TABELA 5.5 –Eficiência de remoção de turbidez referente aos valores de fração de recirculação investigados em diferentes velocidades de flotação, com aplicação de cloreto férrico.

Fração de recirculação (% em volume)	Quantidade de ar fornecida (g/m <sup>3</sup> )	Relação ar e sólidos suspensos (A/S)	Eficiência de Remoção de Turbidez (%)				
			Velocidade de flotação (cm/min)				
			5,0	10,0	15,0	20,0	25,0
15%	14,2	0,037	83	82	79	71	46
20%	19	0,050	83	81	71	63	57
30%	28,5	0,074	81	80	77	71	16
40%	38	0,099	81	80	75	55	24

Ensaio realizado com flotateste e efluente bruto, referente à primeira coleta, na indústria de conservas alimentícias. DCF = 120 mg/l; pH = 6,5 ± 0,15; Tf = 12 min; Gf = 40 s<sup>-1</sup>; Gmr = 800 s<sup>-1</sup>; Tmr = 20 s; P<sub>sat</sub> = 450 ± 5,0 kPa. Características do efluente industrial bruto: Turbidez: 337 uT; DQO: 918 mg/l; Cor aparente: 4320 uC; Temperatura: 20,5 ± 1,0 °C; Volume de coag.: 1,5 l; C<sub>ar, 22oC</sub> = 101,25; SST<sub>cg</sub> = 408 mg/l.

Analisando as curvas da Figura 5.19 e os dados da Tabela 5.6, observa-se todos os valores de R estudados (15%, 20%, 30% e 40%) forneceram resultados de remoção de cor aparente, por flotação, bem próximas entre si para velocidades entre 5,0 e 15,0 cm/min (64%, 66%, 64% e 65% para V<sub>flot</sub> de 5,0 cm/min, 65%, 67%, 64% e 63% para V<sub>flot</sub> de 10,0 cm/min, e 63%, 58%, 62% e 58% para V<sub>flot</sub> de 15,0 cm/min). Dentre esses valores de R comentados anteriormente, o de 15% forneceu resultados ligeiramente melhores que os demais, embora próximos. Para todos os valores de R estudados com V<sub>flot</sub> acima de 15,0 cm/min, os resultados de remoção de cor foram inferiores aos comentados anteriormente (entre 58% e 44% para V<sub>flot</sub> de 20,0 cm/min e entre 45% e 24% para V<sub>flot</sub> de 25,0 cm/min). Os valores de R estudados para a velocidade de flotação de 25,0 cm/min apresentaram resultados bem inferiores do que aqueles observados para V<sub>flot</sub> entre 5,0 e 20,0 cm/min, sendo que para R de 30% e 40% a eficiência de remoção de cor aparente foi sensivelmente pior (24% e 31%).



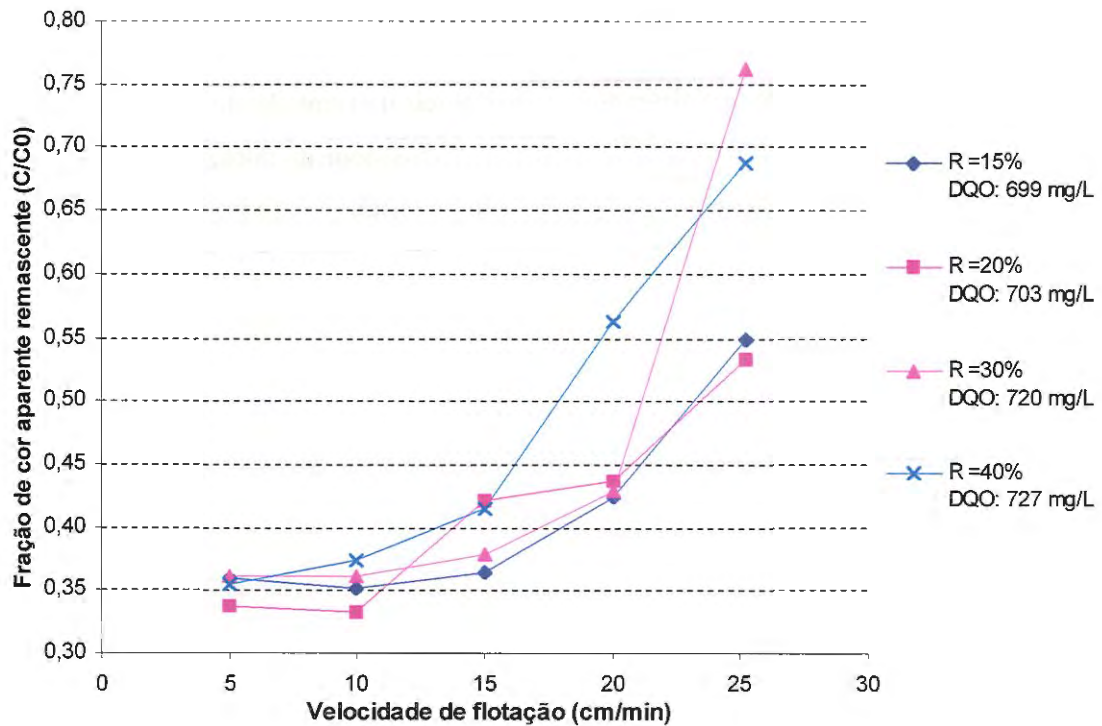


FIGURA 5.19 – Fração remanescente de cor aparente ( $C/C_0$ ) em função da velocidade de flotação para diferentes valores de quantidade de ar fornecida, com aplicação de cloreto férrico.

Ensaio realizado com flotateste e efluente bruto, referente à primeira coleta, na indústria de conservas alimentícias. DCF = 120 mg/l; pH =  $6,5 \pm 0,15$ ;  $T_f = 12$  min;  $G \cdot f = 40 \text{ s}^{-1}$ ;  $G_{mr} = 800 \text{ s}^{-1}$ ;  $T_{mr} = 20$  s;  $P_{sat} = 450 \pm 5,0$  kPa. Características do efluente industrial bruto: Turbidez: 337 uT; DQO: 918 mg/l; Cor aparente: 4320 uC; Temperatura:  $20,5 \pm 1,0$  °C.

TABELA 5.6 –Eficiência de remoção de cor aparente referente aos valores de fração de recirculação investigados em diferentes velocidades de flotação, com aplicação de cloreto férrico. (\*)

Fração de recirculação (% em volume)	Quantidade de ar fornecida (g/m <sup>3</sup> )	Relação ar e sólidos suspensos (A/S)	Eficiência de remoção de cor aparente (%)				
			Velocidade de flotação (cm/min)				
			5,0	10,0	15,0	20,0	25,0
15%	14,2	0,037	64	65	63	58	45
20%	19,0	0,050	66	67	58	56	47
30%	28,5	0,074	64	64	62	57	24
40%	38,0	0,099	65	63	58	44	31

A Figura 5.20 e a Tabela 5.7 apresentam os resultados de remoção de DQO não filtrada para velocidade de flotação de 10,0 cm/min. Os valores de R estudados (15%, 20%, 30% e 40%), não apresentaram diferenças significativas, proporcionando residuais de 608, 586, 554 e 519 mg/l, com respectivas remoções de 26,3%, 25,9%, 24,1 e 23,4%. Portanto para R de 15% o resultado de remoção de DQO foi ligeiramente melhor (26,3%) comparado com as demais frações de recirculação.

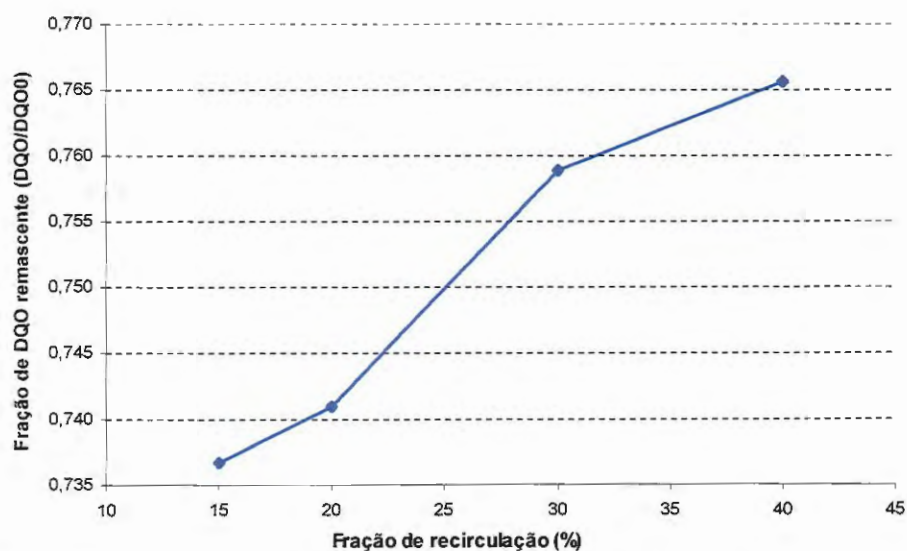


FIGURA 5.20 – Fração remanescente de DQO (DQO/DQO<sub>0</sub>) em função da velocidade de flotação (10,0 cm/min), para diferentes valores de quantidade de ar fornecida, com aplicação de cloreto férrico. (\*)

TABELA 5.7 – Eficiência de remoção de DQO referente aos valores de fração de recirculação investigados à velocidade de flotação de 10,0 cm/min, com aplicação de cloreto férrico. (\*)

Fração de recirculação (% em volume)	Quantidade de ar fornecida (g/m <sup>3</sup> )	Relação ar e sólidos suspensos (A/S)	Eficiência de remoção de DQO Velocidade de flotação 10,0 cm/min	
			DQO residual (mg/l)	DQO removida (%)
15%	14,2	0,037	608	26,3%
20%	19,0	0,050	586	25,9%
30%	28,5	0,074	554	24,1%
40%	38,0	0,099	519	23,4%

(\*) Ensaio realizado com flotatestes e efluente bruto, referente à primeira coleta, na indústria de conservas alimentícias. DCF = 120 mg/l; pH = 6,5 ± 0,15; Tf = 12 min; Gf = 40 s<sup>-1</sup>; Gmr = 800 s<sup>-1</sup>; Tmr = 20 s; Psat = 450 ± 5,0 kPa. Características do efluente industrial bruto: Turbidez: 337 uT; DQO: 918 mg/l; Cor aparente: 4320 uC; Temperatura: 20,5 ± 1,0 °C. Volume de coag.: 1,5 l; C<sub>ar, 22°C</sub> = 101,25; SST<sub>cg</sub> = 408 mg/l.

Portanto, para esta terceira etapa, o valor obtido referente a quantidade de ar fornecida para a flotação do efluente analisado foi R = 15%. Os outros parâmetros permaneceram fixados em: DCF = 120 mg/l e pH de coag. = 6,5 ± 0,15 (obtidos na primeira etapa); Gf = 40 s<sup>-1</sup>; Tf = 12 minutos (obtidos na segunda etapa); Gmr = 800 s<sup>-1</sup>; Tmr = 20 s; Psat = 450 ± 5,0 kPa; Vf<sub>1</sub> = 5,0 cm/min; Vf<sub>2</sub> = 10,0 cm/min; Vf<sub>3</sub> = 15,0 cm/min; Vf<sub>4</sub> = 20,0 cm/min; Vf<sub>5</sub> = 25,0 cm/min e Temperatura da amostra = 20,5 ± 1,0 °C.

Após a realização de todos os ensaios de tratabilidade para o efluente bruto da indústria de conservas alimentícias referente a primeira coleta, a Tabela 5.8 apresenta os resultados obtidos dos parâmetros analisados julgados mais adequados.

TABELA 5.8 – Parâmetros estudados e julgados mais adequados referentes a primeira coleta da indústria de conservas alimentícias.

PRIMEIRA COLETA – INDÚSTRIA DE CONSERVAS	
Parâmetros	Resultados
Dosagem de Cloreto Férrico	120 mg/l
pH	$(6,1 - 6,5) \pm 0,15$
Gmr	$800 \text{ s}^{-1}$
Tmr	20 s
Psat	$450 \pm 5,0 \text{ kPa}$
Gf	$40 \text{ s}^{-1}$
Tf	12 minutos
Fração de Recirculação	15%
A/S	0,037

(\*) Ensaios realizados com flotatestes e efluente bruto, referente à primeira coleta, na indústria de conservas alimentícias. DCF = 120 mg/l; pH =  $6,5 \pm 0,15$ ; Tf = 12 min; Gf =  $40 \text{ s}^{-1}$ ; Gmr =  $800 \text{ s}^{-1}$ ; Tmr = 20 s; Psat =  $450 \pm 5,0 \text{ kPa}$ . Características do efluente industrial bruto: Turbidez: 337 uT; DQO: 918 mg/l; Cor aparente: 4320 uC; Temperatura:  $20,5 \pm 1,0 \text{ }^\circ\text{C}$ ; Volume de coag.: 1,5 l;  $C_{ar, 220C} = 101,25$ ; SST<sub>eg</sub> = 408 mg/l.

Segunda Coleta – Indústria de Conservas Alimentícias

**Data: 13 e 14 de outubro/1998**

PRIMEIRA ETAPA: variação da dosagem de cloreto férrico e do pH de coagulação, utilizando o flotateste

As Figuras 5.21 a 5.28 apresentam a razão entre a turbidez da amostra tratada e a turbidez do efluente industrial bruto, em função da velocidade de flotação, para dosagens de cloreto férrico (DCF) de 0; 80; 100; 120; 150; 180; e 200 mg/l, e diferentes valores de pH de coagulação. Para todas as dosagens de cloreto férrico foram testados três diferentes valores de pH de coagulação: 6,0; 6,5; 7,0.

Os dados de monitoramento referente à turbidez, cor aparente e DQO, obtidos nos ensaios de flotação da primeira etapa, estão apresentados nas planilhas D.1 a D.8, Anexo D.

As outras duas etapas subseqüentes, de investigação do tempo de floculação em função do gradiente médio de velocidade de floculação e variação da quantidade de ar fornecida ao sistema, foram descartadas adotando-se como parâmetros os resultados obtidos nos ensaios realizados nas segunda e terceira etapas da primeira coleta.

Desse modo, os parâmetros operacionais mantidos fixos foram:  $T_{mr}=20$  s;  $G_{mr}=800$  s<sup>-1</sup>;  $T_f=12$  min;  $G_f=40$  s<sup>-1</sup>;  $R=15\%$  (em volume);  $A/S=0,032$ ; a pressão de saturação ( $P_{sat}$ ) foi fixada em  $450 \pm 5,0$  kPa; as velocidades de flotação estudadas foram:  $V_{f1}=5,0$  cm/min;  $V_{f2}=10,0$  cm/min;  $V_{f3}=15,0$  cm/min;  $V_{f4}=20,0$  cm/min;  $V_{f5}=25,0$  cm/min e a Temperatura da amostra =  $21,5 \pm 1,0$  °C.

Para a dosagem de cloreto férrico de 0 mg/l, foram testados três valores de pH de coagulação: 6,01; 6,44; 7,03. Observando-se a Figura 5.21, verifica-se que sem a adição de coagulante o pH 7,03 forneceu os melhores resultados de remoção de turbidez (83%) e cor aparente (46%) para a faixa de velocidades de flotação abaixo de 20,0 cm/min (turbidez residual de 95,1 uT para  $V_{flot}$  de 5,0 cm/min e cor aparente residual de 1112 uC para  $V_{flot}$  de 10,0 cm/min). O pH 6,01 forneceu melhor eficiência de remoção de DQO (15,3%) apresentando DQO residual de 544 mg/l, enquanto o pH igual a 7,03 forneceu DQO residual de 582 mg/l (9,4% de remoção).

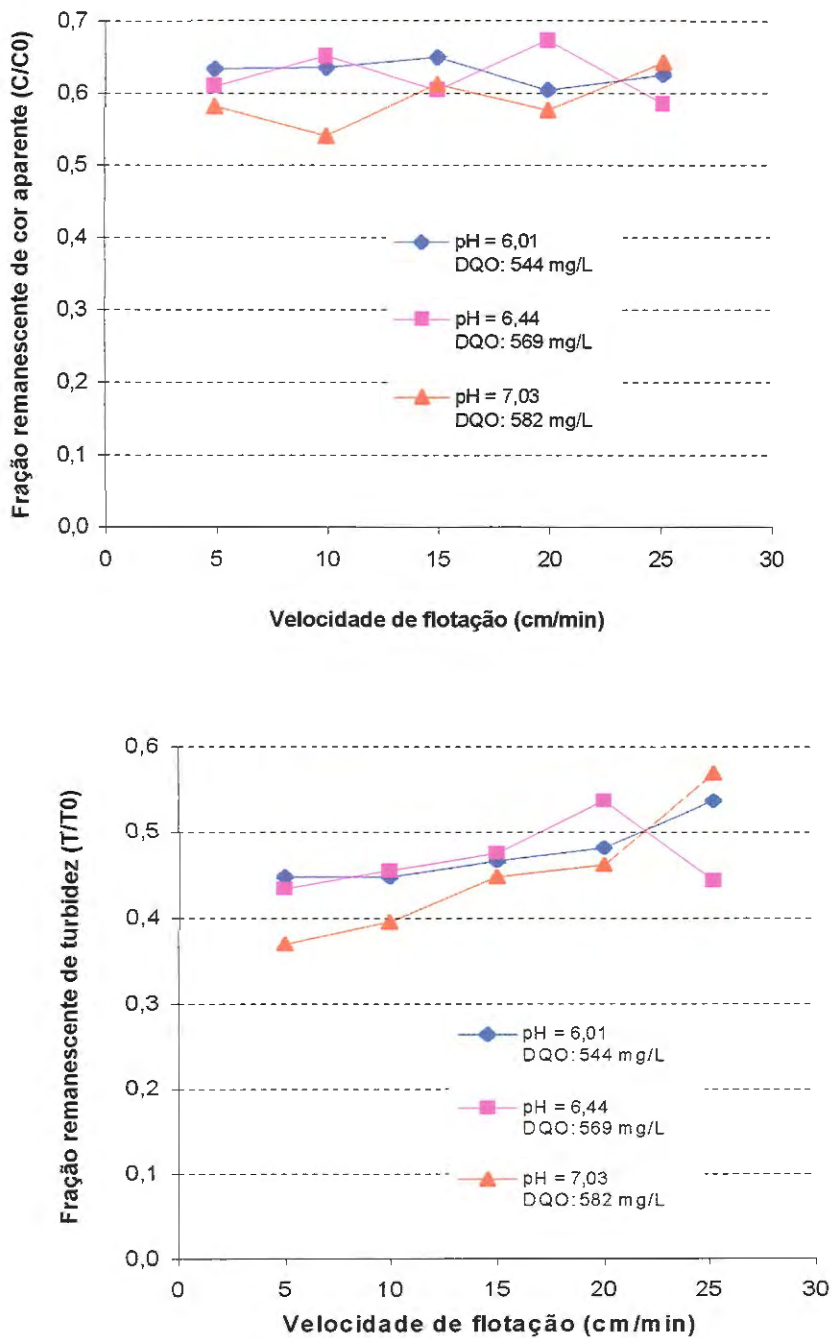


FIGURA 5.21 – Fração remanescente de turbidez (T/T0) e de cor aparente (C/C0) em função da velocidade de flotação para dosagem de cloreto férrico = 0 mg/l e diferentes valores de pH de coagulação.

Ensaio realizado com flotateste e efluente bruto, referente a segunda coleta, da indústria de conservas alimentícias.  $G_{mr} = 800s^{-1}$ ;  $T_{mr} = 20s$ ;  $G_f = 40s^{-1}$ ;  $T_f = 12min$ ;  $R = 15%$  (em volume);  $P_{sat} = 450 \pm 5,0 kPa$ . Características do efluente industrial bruto: Turbidez: 296uT; DQO: 739mg/l; Cor aparente: 2360uC; Temperatura:  $21,5 \pm 1,0 ^\circ C$ .

Para dosagem de cloreto férrico de 80 mg/l, foram testados três valores de pH de coagulação: 6,10; 6,46; 6,91. Observando-se a Figura 5.22, verifica-se que o pH 6,10 forneceu os melhores resultados de remoção de turbidez para a faixa de velocidades de flotação pesquisada, sendo que para velocidades de flotação abaixo de 15,0 cm/min, obteve-se 43,7% de remoção de DQO (DQO residual: 362 mg/l), 99% de remoção de turbidez (turbidez residual de 2,97 uT) e 96% de remoção de cor aparente (cor aparente residual de 84 uC).

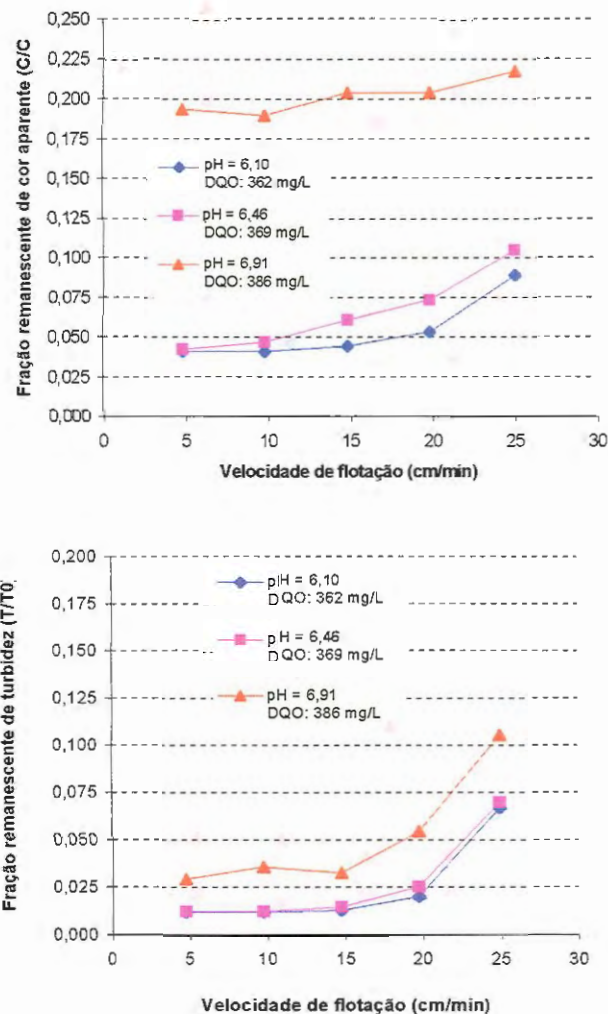


FIGURA 5.22 – Fração remanescente de turbidez (T/T0) e de cor aparente (C/C0) em função da velocidade de flotação para dosagem de cloreto férrico = 80 mg/l e diferentes valores de pH de coagulação.

Ensaio realizado com flotatesto e efluente bruto, referente a segunda coleta, da indústria de conservas alimentícias.  $G_{mr} = 800s^{-1}$ ;  $T_{mr} = 20s$ ;  $G_f = 40s^{-1}$ ;  $T_f = 12min$ ;  $R = 15%$  (em volume);  $P_{sat} = 450 \pm 5,0$  kPa. Características do efluente industrial bruto: Turbidez: 296uT; DQO: 739mg/l; Cor aparente: 2360uC; Temperatura:  $21,5 \pm 1,0$  °C.

Para dosagem de cloreto férrico de 100 mg/l, foram testados três valores de pH de coagulação: 6,02; 6,49; 6,96. Observando-se a Figura 5.23, verifica-se que o pH 6,02 forneceu os melhores resultados de remoção de turbidez para a faixa de velocidades de flotação pesquisada, sendo que para a velocidade de flotação de 10,0 cm/min, obteve-se 41,9% de remoção de DQO (DQO residual de 373 mg/l), 99% de remoção de turbidez (turbidez residual de 1,88 uT) e 97% de remoção de cor aparente (cor aparente residual de 70 uC).

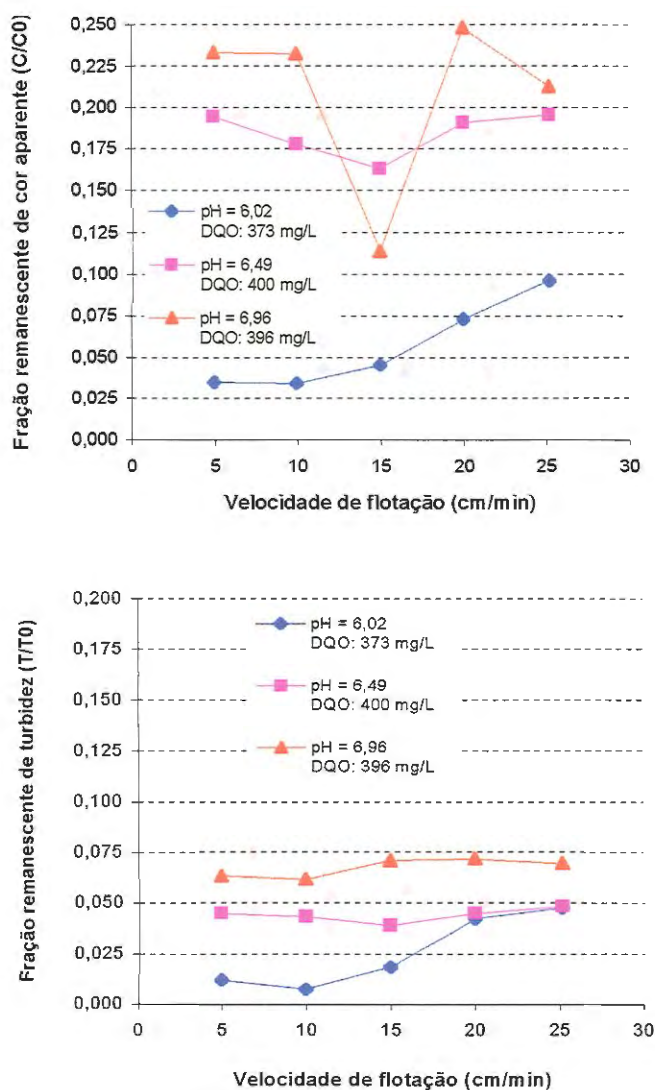


FIGURA 5.23 – Fração remanescente de turbidez (T/T0) e de cor aparente (C/C0) em função da velocidade de flotação para dosagem de cloreto férrico = 100 mg/l e diferentes valores de pH de coagulação.

Ensaio realizado com flotatete e efluente bruto, referente a segunda coleta, da indústria de conservas alimentícias.  $G_{mr} = 800s^{-1}$ ;  $T_{mr} = 20s$ ;  $G_f = 40s^{-1}$ ;  $T_f = 12min$ ;  $R = 15\%$  (em volume);  $P_{sat} = 450 \pm 5,0$  kPa. Características do efluente industrial bruto: Turbidez: 296uT; DQO: 739mg/l; Cor aparente: 2360uC; Temperatura:  $21,5 \pm 1,0$  °C.



Para dosagem de cloreto férrico de 120 mg/l, foram testados três valores de pH de coagulação: 6,07; 6,48; 6,93. Observando-se a Figura 5.24, verifica-se que o pH 6,07 forneceu os melhores resultados de remoção de turbidez para a faixa de velocidades de flotação pesquisada, sendo que para a velocidade de flotação de 5,0 cm/min, obteve-se 42,8% de remoção de DQO (DQO residual de 367 mg/l), 98% de remoção de turbidez (turbidez residual de 4,27 uT) e 94% de remoção de cor aparente (cor aparente residual de 130 uC). O pH 6,48 forneceu eficiência de remoção de DQO ligeiramente melhor (43,7%) apresentando DQO residual de 362 mg/l.

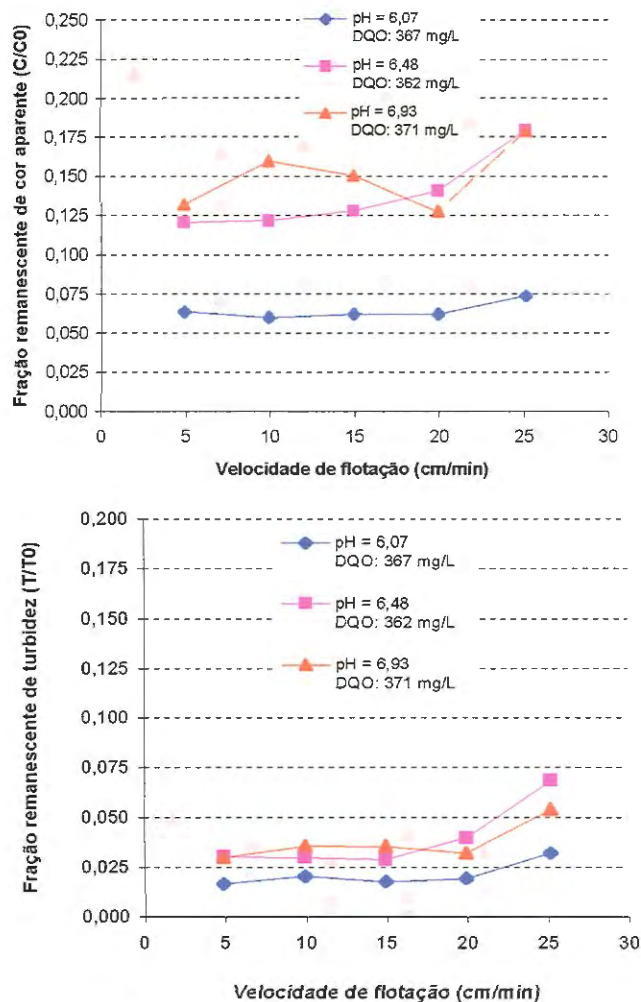


FIGURA 5.24 – Fração remanescente de turbidez (T/T0) e de cor aparente (C/C0) em função da velocidade de flotação para dosagem de cloreto férrico = 120 mg/l e diferentes valores de pH de coagulação.

Ensaio realizado com flotateste e efluente bruto, referente a segunda coleta, da indústria de conservas alimentícias.  $G_{mr} = 800s^{-1}$ ;  $T_{mr} = 20s$ ;  $G_f = 40s^{-1}$ ;  $T_f = 12min$ ;  $R = 15\%$  (em volume);  $P_{sat} = 450 \pm 5,0$  kPa. Características do efluente industrial bruto: Turbidez: 296uT; DQO: 739mg/l; Cor aparente: 2360uC; Temperatura:  $21,5 \pm 1,0$  °C.

Para dosagem de cloreto férrico de 150 mg/l, foram testados três valores de pH de coagulação: 6,08; 6,47; 6,95. Observando-se a Figura 5.25, verifica-se que o pH 6,08 forneceu os melhores resultados de remoção de turbidez para a faixa de velocidades de flotação pesquisada abaixo de 25,0 cm/min, sendo que para a velocidade de flotação de 5,0 cm/min, obteve-se 41,9% de remoção de DQO (DQO residual de 373 mg/l), 99% de remoção de turbidez (turbidez residual de 1,76 uT) e 98% de remoção de cor aparente (cor aparente residual de 43 uC).

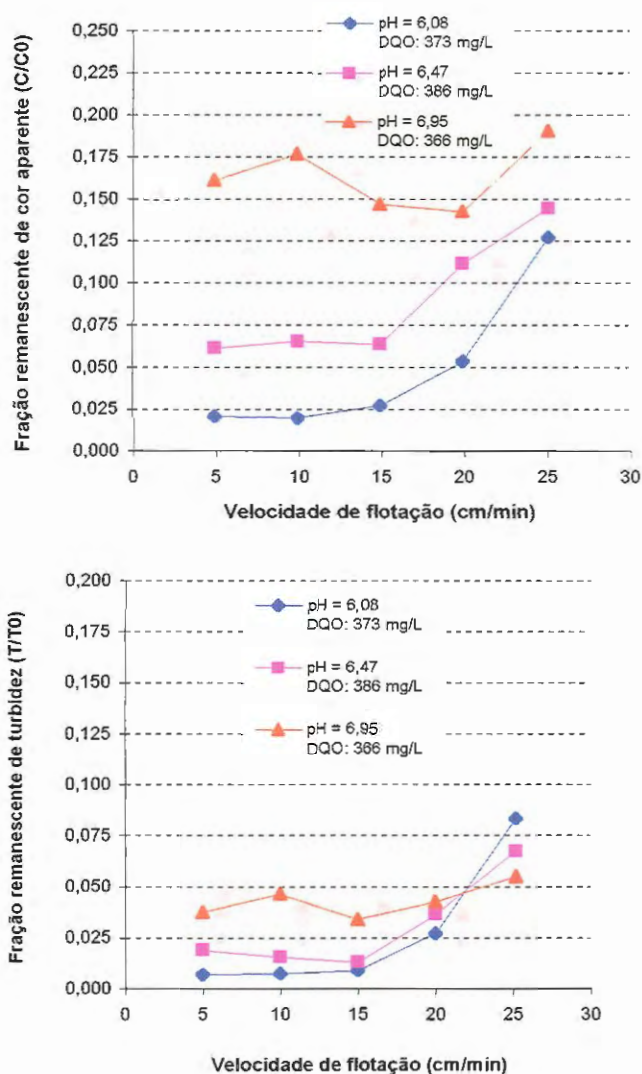


FIGURA 5.25 – Fração remanescente de turbidez (T/T0) e de cor aparente (C/C0) em função da velocidade de flotação para dosagem de cloreto férrico = 150 mg/l e diferentes valores de pH de coagulação.

Ensaio realizado com flotateste e efluente bruto, referente a segunda coleta, da indústria de conservas alimentícias.  $G_{mr} = 800s^{-1}$ ;  $T_{mr} = 20s$ ;  $G_f = 40s^{-1}$ ;  $T_f = 12min$ ;  $R = 15%$  (em volume);  $P_{sat} = 450 \pm 5,0$  kPa. Características do efluente industrial bruto: Turbidez: 296uT; DQO: 739mg/l; Cor aparente: 2360uC; Temperatura:  $21,5 \pm 1,0$  °C.

Para dosagem de cloreto férrico de 180 mg/l, foram testados três valores de pH de coagulação: 6,03; 6,42; 6,91. Observando-se a Figura 5.26, verifica-se que o pH 6,42 forneceu os melhores resultados de remoção de turbidez para velocidades de flotação acima de 10,0 cm/min, porém a maior eficiência de remoção de DQO (45,2%), turbidez (>99%) e cor aparente (99%) foi obtida em pH 6,03 para  $V_{\text{flor}}=5,0$  cm/min apresentando DQO residual de 352 mg/l, turbidez residual de 1,24 uT e cor aparente residual de 20 uC.

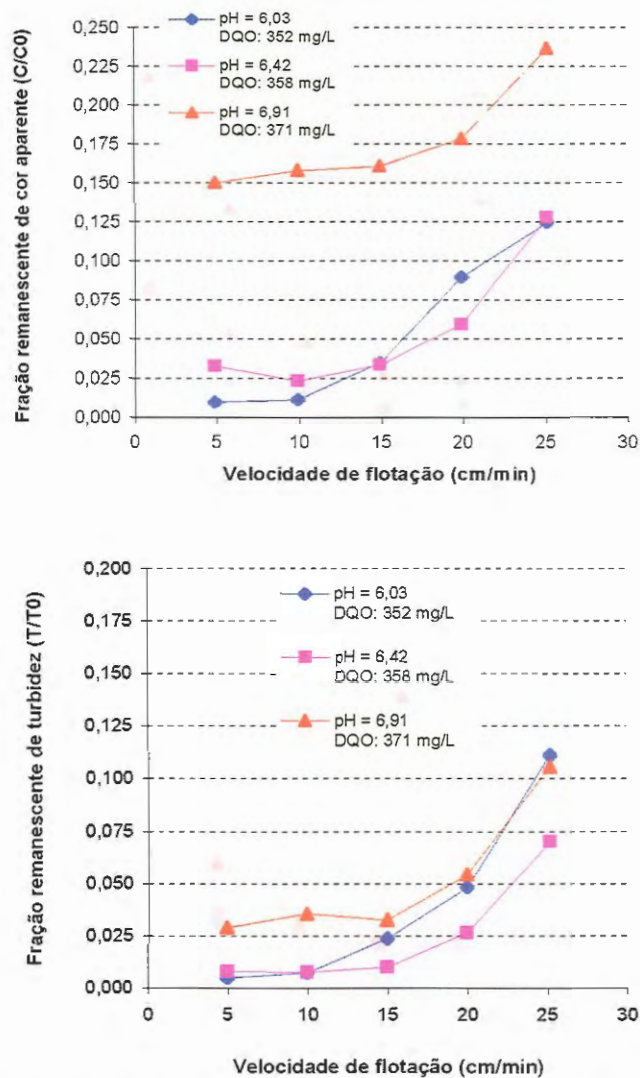


FIGURA 5.26 – Fração remanescente de turbidez (T/T0) e de cor aparente (C/C0) em função da velocidade de flotação para dosagem de cloreto férrico = 180 mg/l e diferentes valores de pH de coagulação.

Ensaio realizado com flotatestes e efluente bruto, referente a segunda coleta, da indústria de conservas alimentícias.  $G_{\text{mr}} = 800\text{s}^{-1}$ ;  $T_{\text{mr}} = 20\text{s}$ ;  $G_{\text{f}} = 40\text{s}^{-1}$ ;  $T_{\text{f}} = 12\text{min}$ ;  $R = 15\%$  (em volume);  $P_{\text{sat}} = 450 \pm 5,0$  kPa. Características do efluente industrial bruto: Turbidez: 296uT; DQO: 739mg/l; Cor aparente: 2360uC; Temperatura:  $21,5 \pm 1,0$  °C.

Para dosagem de cloreto férrico de 240 mg/l, foram testados três valores de pH de coagulação: 5,80; 6,38; 6,97. Observando-se a Figura 5.27, verifica-se que o pH 5,80 forneceu resultados ligeiramente melhores de remoção de turbidez para a faixa de velocidades de flotação pesquisada abaixo de 25,0 cm/min, sendo que para a velocidade de flotação de 5,0 cm/min, obteve-se 42,1% de remoção de DQO (DQO residual de 372 mg/l), remoção de turbidez maior que 99% (turbidez residual de 0,70 uT) e 99% de remoção de cor aparente (cor aparente residual de 11 uC).

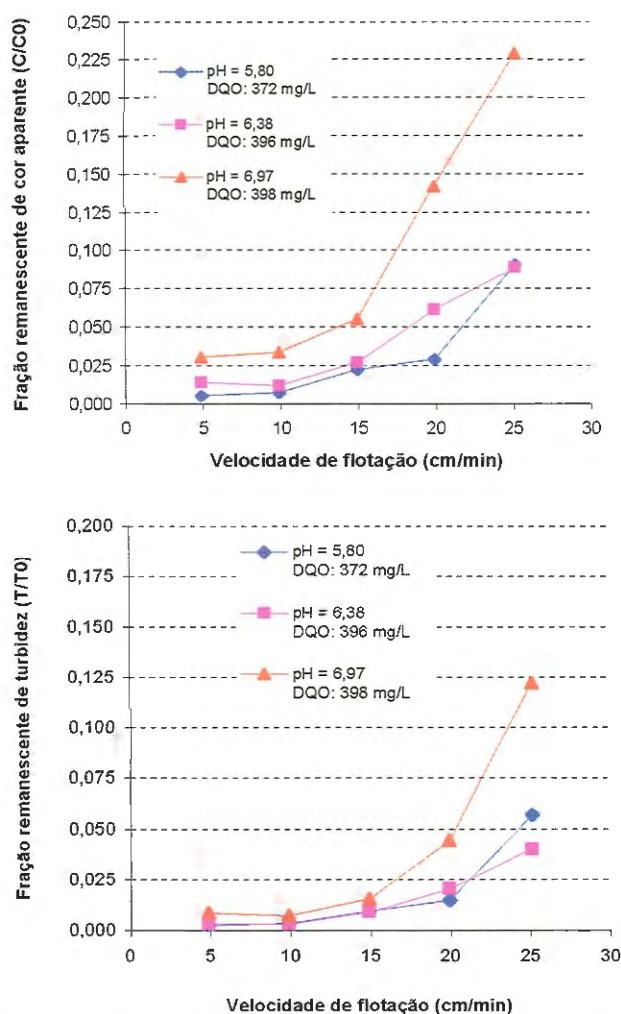


FIGURA 5.27 – Fração remanescente de turbidez (T/T0) e de cor aparente (C/C0) em função da velocidade de flotação para dosagem de cloreto férrico = 240 mg/l e diferentes valores de pH de coagulação.

Ensaio realizado com flotatestes e efluente bruto, referente a segunda coleta, da indústria de conservas alimentícias.  $G_{mr} = 800s^{-1}$ ;  $T_{mr} = 20s$ ;  $G_f = 40s^{-1}$ ;  $T_f = 12min$ ;  $R = 15\%$  (em volume);  $P_{sat} = 450 \pm 5,0$  kPa. Características do efluente industrial bruto: Turbidez: 296uT; DQO: 739mg/l; Cor aparente: 2360uC; Temperatura:  $21,5 \pm 1,0$  °C.

Para dosagem de cloreto férrico de 300 mg/l, foram testados três valores de pH de coagulação: 6,09; 6,50; 6,89. Observando-se a Figura 5.28, verifica-se que o pH 6,09 forneceu resultados ligeiramente melhores de remoção de turbidez para a faixa de velocidades de flotação pesquisada abaixo de 20,0 cm/min, sendo que para a velocidade de flotação de 5,0 cm/min, obteve-se 41,9% de remoção de DQO (DQO residual de 373 mg/l), remoção de turbidez maior que 99% (turbidez residual de 1,02 uT) e 99% de remoção de cor aparente (cor aparente residual de 16 uC).

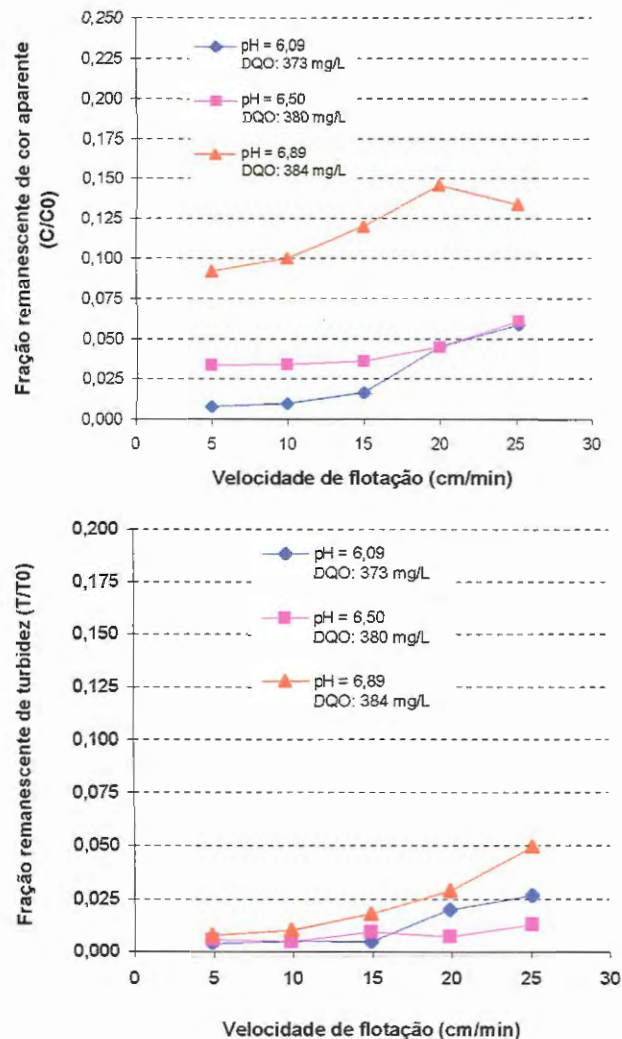


FIGURA 5.28 – Fração remanescente de turbidez (T/T0) e de cor aparente (C/C0) em função da velocidade de flotação para dosagem de cloreto férrico = 300 mg/l e diferentes valores de pH de coagulação.

Ensaio realizado com flotatesto e efluente bruto, referente a segunda coleta, da indústria de conservas alimentícias.  $G_{mr} = 800s^{-1}$ ;  $T_{mr} = 20s$ ;  $G_f = 40s^{-1}$ ;  $T_f = 12min$ ;  $R = 15\%$  (em volume);  $P_{sat} = 450 \pm 5,0$  kPa. Características do efluente industrial bruto: Turbidez: 296uT; DQO: 739mg/l; Cor aparente: 2360uC; Temperatura:  $21,5 \pm 1,0$  °C.

Na Tabela 5.9, é apresentada a eficiência prevista de remoção de turbidez para diferentes velocidades de flotação, referente apenas às condições ótimas de pH de coagulação para cada dosagem de cloreto férrico investigada. Observa-se que em relação a remoção de turbidez os resultados para as dosagens de cloreto férrico estudadas, a um pH de coagulação em torno de 6,0, obtiveram remoções acima de 95% de turbidez para velocidades de flotação abaixo de 25,0 cm/min (mínima de 95% para DCF=180 mg/l à  $V_{\text{flot.}} = 20,0$  cm/min e maior que 99% para as DCF = 180 mg/l à  $V_{\text{flot.}} = 5,0$  cm/min, DCF=240 mg/l à  $V_{\text{flot.}} = 5,0$  e 10,0 cm/min e DCF=300 mg/l à  $V_{\text{flot.}} = 5,0$  e 20,0 cm/min), embora a velocidade de 25,0 cm/min, forneça remoções bem próximas (mínima de 89% para DCF=180 mg/l e máxima de 97% para DCF=120 e 300 mg/l). Sem a aplicação de cloreto férrico os resultados obtidos foram muito piores, e decrescente para todas as velocidades de flotação estudadas, (mínima de 43% à  $V_{\text{flot.}} = 25,0$  cm/min e máxima de 63% à  $V_{\text{flot.}} = 5,0$  cm/min).

TABELA 5.9 – Eficiência (%) de remoção de turbidez referente às condições ótimas de pH de coagulação para cada dosagem de cloreto férrico, investigada em diferentes velocidades de flotação.

Velocidade de flotação		Eficiência de Remoção de Turbidez (%)							
		DCF 0 mg/l	DCF 80 mg/l	DCF 100mg/l	DCF 120mg/l	DCF 150mg/l	DCF 180mg/l	DCF 240mg/l	DCF 300mg/l
cm/min	m/d	pH <sub>cg</sub> =7,03 ( $1,2 \times 10^{-4}$ )	pH <sub>cg</sub> =6,10 ( $2,4 \times 10^{-4}$ )	pH <sub>cg</sub> =6,02 ( $1,5 \times 10^{-4}$ )	pH <sub>cg</sub> =6,07 ( $2,0 \times 10^{-4}$ )	pH <sub>cg</sub> =6,08 ( $2,4 \times 10^{-4}$ )	pH <sub>cg</sub> =6,03 ( $2,4 \times 10^{-4}$ )	pH <sub>cg</sub> =5,80 ( $2,6 \times 10^{-4}$ )	pH <sub>cg</sub> =6,09 ( $2,9 \times 10^{-4}$ )
5,0	72	63	99	99	98	99	>99	>99	>99
10,0	144	60	99	99	98	99	99	>99	99
15,0	216	55	99	98	98	99	98	99	>99
20,0	288	54	98	96	98	97	95	97	98
25,0	363	43	93	95	97	92	89	94	97

Ensaios realizados com flotatestes e efluente bruto, referente a segunda coleta, da indústria de conservas alimentícias. Gmr = 800s<sup>-1</sup>; Tmr = 20s; Gf = 40s<sup>-1</sup>; Tf = 12min; R = 15% (em volume); Psat = 450± 5,0 kPa. Características do efluente industrial bruto: Turbidez: 296uT; DQO: 739mg/l; Cor aparente: 2360uC; Temperatura: 21,5±1,0 °C.

\* Os valores entre () estão em mg de barrilha por litro de efluente e representam a quantidade de barrilha adicionada a amostra de efluente para se atingir os pHs desejados (Tabela B2 - Anexo B).

Na Tabela 5.10, é apresentada a eficiência prevista de remoção de cor aparente para diferentes velocidades de flotação, referentes apenas às condições ótimas de pH de coagulação para cada dosagem de cloreto férrico investigada. Observa-se que em relação a remoção de cor aparente os resultados para as dosagens de cloreto férrico estudadas, a um pH de coagulação em torno de 6,0, obtiveram remoções acima de 90% para velocidades de flotação abaixo de 25,0 cm/min ( mínima de 91% para DCF=180 mg/l à  $V_{\text{flot.}} = 20,0$  cm/min e máxima de 99% para as DCF = 180 mg/l, 240 mg/l e 300 mg/l à  $V_{\text{flot.}} = 5,0$  e 10,0 cm/min) embora a velocidade de 25,0 cm/min, forneça remoções próximas (mínima de 87% para DCF=150 mg/l e máxima de 94% para DCF= 300 mg/l). Sem a aplicação de cloreto férrico os resultados obtidos foram muito piores, para todas as velocidades de flotação estudadas, (mínima de 36% à  $V_{\text{flot.}} = 25,0$  cm/min e máxima de 46% à  $V_{\text{flot.}} = 10,0$  cm/min).

TABELA 5.10 – Eficiência (%) de remoção de cor aparente referente às condições ótimas de pH de coagulação para cada dosagem de cloreto férrico, investigada em diferentes velocidades de flotação.

Velocidade de flotação		Eficiência de Remoção de Cor Aparente(%)							
		DCF 0 mg/l pH <sub>cg</sub> =7,03 ( $1,2 \times 10^{-4}$ )*	DCF 80 mg/l pH <sub>cg</sub> =6,10 ( $2,4 \times 10^{-4}$ )*	DCF 100mg/l pH <sub>cg</sub> =6,02 ( $1,5 \times 10^{-4}$ )*	DCF 120mg/l pH <sub>cg</sub> =6,07 ( $2,0 \times 10^{-4}$ )*	DCF 150mg/l pH <sub>cg</sub> =6,08 ( $2,4 \times 10^{-4}$ )*	DCF 180mg/l pH <sub>cg</sub> =6,03 ( $2,4 \times 10^{-4}$ )*	DCF 240mg/l pH <sub>cg</sub> =5,80 ( $2,6 \times 10^{-4}$ )*	DCF 300mg/l pH <sub>cg</sub> =6,09 ( $2,9 \times 10^{-4}$ )*
5,0	72	42	96	96	94	98	99	99	99
10,0	144	46	96	97	94	98	99	99	99
15,0	216	39	96	95	94	97	97	98	98
20,0	288	42	95	93	94	95	91	97	95
25,0	363	36	91	90	93	87	88	91	94

Ensaio realizados com flotatestes e efluente bruto, referente a segunda coleta, da indústria de conservas alimentícias.  $G_{mr} = 800s^{-1}$ ;  $T_{mr} = 20s$ ;  $G_f = 40s^{-1}$ ;  $T_f = 12min$ ;  $R = 15\%$  (em volume);  $P_{sat} = 450 \pm 5,0$  kPa. Características do efluente industrial bruto: Turbidez: 296uT; DQO: 739mg/l; Cor aparente: 2360uC; Temperatura:  $21,5 \pm 1,0$  °C.

\* Os valores entre () estão em mg de barrilha por litro de efluente e representam a quantidade de barrilha adicionada a amostra de efluente para se atingir os pHs desejados (Tabela B2 - Anexo B).

Na Tabela 5.11 e na Figura 5.29, são apresentadas as eficiências previstas de remoção de DQO para a velocidade de flotação de 10 cm/min, referente apenas às condições ótimas de pH de coagulação para cada dosagem de cloreto férrico investigada. Observa-se que em relação a remoção de DQO os resultados para as dosagens de cloreto férrico estudadas, a um pH de coagulação em torno de 6,0, atingiram remoções próximas acima de 40%. A condição de DCF= 180 mg/l a pH = 6,03 forneceu o melhor resultado obtendo 45,2% de eficiência para uma DQO residual de 352 mg/l. As DCF=100 mg/l, 180 mg/l e 300 mg/l apresentaram eficiência ligeiramente inferior (41,2%) em relação ao mencionado como ótimo. Sem a aplicação de cloreto férrico a eficiência de remoção de DQO foi sensivelmente menor (15,3%).

TABELA 5.11 – Eficiência (%) de remoção de DQO referente às condições “ótimas” de pH de coagulação para cada dosagem de cloreto férrico, investigada na velocidade de flotação de 10,0 cm/min.

Eficiência de Remoção de DQO(%)								
DQO	DCF 0 mg/l pH <sub>cg</sub> =7,03 (1,2x10 <sup>-4</sup> )*	DCF 80 mg/l pH <sub>cg</sub> =6,10 (2,4x10 <sup>-4</sup> )*	DCF 100mg/l pH <sub>cg</sub> =6,02 (1,5x10 <sup>-4</sup> )*	DCF 120mg/l pH <sub>cg</sub> =6,07 (2,0x10 <sup>-4</sup> )*	DCF 150mg/l pH <sub>cg</sub> =6,08 (2,4x10 <sup>-4</sup> )*	DCF 180mg/l pH <sub>cg</sub> =6,03 (2,4x10 <sup>-4</sup> )*	DCF 240mg/l pH <sub>cg</sub> =5,80 (2,6x10 <sup>-4</sup> )*	DCF 300mg/l pH <sub>cg</sub> =6,09 (2,9x10 <sup>-4</sup> )*
Residual (mg/l)	544	362	373	362	373	352	372	373
Eficiência (%)	15,3	43,7	41,9	43,7	41,9	45,2	42,1	41,9

Ensaio realizados com flotatestes e efluente bruto, referente a segunda coleta, da indústria de conservas alimentícias. Gmr = 800s<sup>-1</sup>; Tmr = 20s; Gf = 40s<sup>-1</sup>; Tf = 12min; R = 15% (em volume); Psat = 450± 5,0 kPa. Características do efluente industrial bruto: Turbidez: 296uT; DQO: 739mg/l; Cor aparente: 2360uC; Temperatura: 21,5±1,0 °C.

\* Os valores entre ( ) estão em mg de barrilha por litro de efluente e representam a quantidade de barrilha adicionada a amostra de efluente para se atingir os pHs desejados (Tabela B2 - Anexo B).



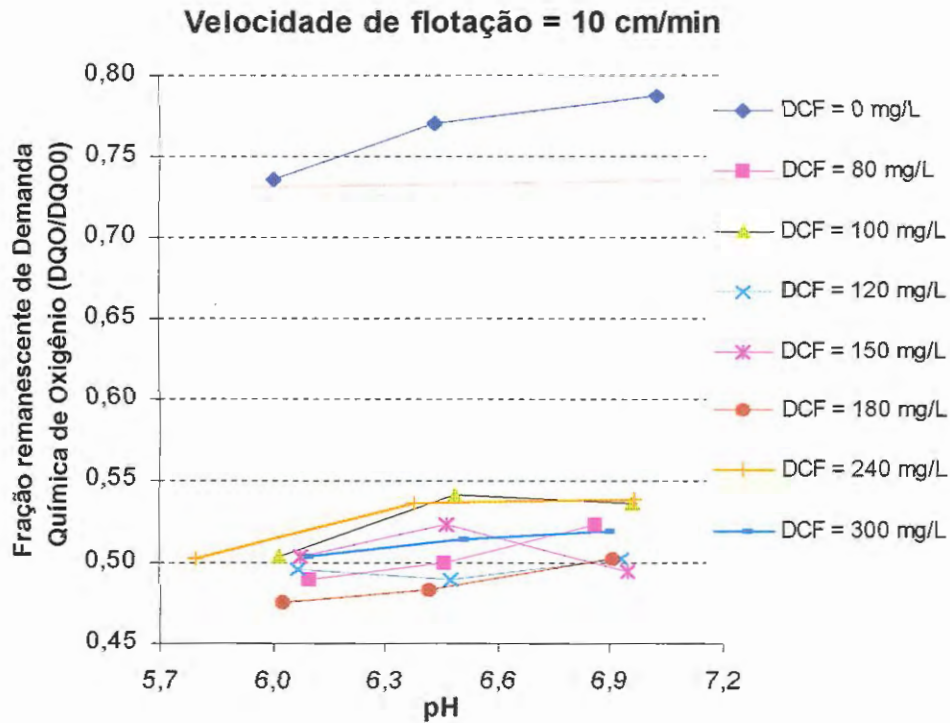


FIGURA 5.29 – Fração remanescente de Demanda Química de Oxigênio ( $DQO/DQO_0$ ) em função de diferentes valores de pH de coagulação para todas as dosagens de cloreto férrico estudadas na velocidade de flotação de 10,0 cm/min.

Ensaio realizado com flotatestes e efluente bruto, referente a segunda coleta, da indústria de conservas alimentícias.  $G_{mr} = 800s^{-1}$ ;  $T_{mr} = 20s$ ;  $G_f = 40s^{-1}$ ;  $T_f = 12min$ ;  $R = 15\%$  (em volume);  $P_{sat} = 450 \pm 5,0$  kPa. Características do efluente industrial bruto: Turbidez: 296uT; DQO: 739mg/l; Cor aparente: 2360uC; Temperatura:  $21,5 \pm 1,0$  °C.

Portanto, de maneira geral, após a realização de todos os ensaios de tratabilidade para o efluente da indústria de conservas alimentícias, referentes à segunda coleta, foi observado que para dosagens de cloreto férrico compreendidas entre 80 e 180 mg/l e  $pH_{cg}$  entre 6,1 e 6,0, a flotação apresentou excelentes resultados de remoção de: cor aparente (remoções entre 96 e 99%); turbidez (98 e 99%); DQO (remoções entre 45 e 44%).

A Tabela 5.12 apresenta os resultados obtidos dos parâmetros analisados julgados mais adequados.

TABELA 5.12 – Parâmetros estudados julgados mais adequados referentes a segunda coleta da indústria de conservas alimentícias.

<b>SEGUNDA COLETA – INDÚSTRIA DE CONSERVAS</b>	
<b>Parâmetros</b>	<b>Resultados</b>
Dosagem de Cloreto Férrico	80 a 180 mg/l
pH	6,0±0,15
Gmr	800 s <sup>-1</sup>
Tmr	20 s
Psat	450±5,0 kPa
Gf	40 s <sup>-1</sup>
Tf	12 min
Fração de Recirculação	15%
A/S	0,032

Ensaio realizado com flotatestes e efluente bruto, referente a segunda coleta, da indústria de conservas alimentícias. Gmr = 800s<sup>-1</sup>; Tmr = 20s; Gf = 40s<sup>-1</sup>; Tf = 12min; R = 15% (em volume); Psat = 450± 5,0 kPa. Características do efluente industrial bruto: Turbidez: 296uT; DQO: 739mg/l; Cor aparente: 2360uC; Temperatura: 21,5±1,0 °C; Volume de coag.: 1,5 l; C<sub>at, 22oC</sub> = 101,25; SST<sub>cg.</sub> = 480 mg/l.

Finalmente, considerando os resultados obtidos nos ensaios realizados com as duas amostras do efluente de indústria de conservas alimentícias, verifica-se que a dosagem de 120 mg/l com pH em torno de 6,10, proporciona as melhores condições para flotação.

Terceira Coleta – Indústria de Laticínios

**Data: 01 de dezembro/1998**

PRIMEIRA ETAPA: variação da dosagem de cloreto férrico e do pH de coagulação, utilizando o flotateste

As Figuras 5.30 a 5.38 apresentam a razão entre a turbidez da amostra tratada e a turbidez do efluente industrial bruto, em função da velocidade de flotação para dosagens de cloreto férrico (DCF) de 0; 50; 75; 100; 125; 150; 175; 200 e 225 mg/l, e diferentes valores de pH de coagulação. A priori foram testados quatro valores de pH de coagulação (6,0; 6,5; 7,0; 7,5) para as dosagens de cloreto férrico: 0 e 50 mg/l. Para as dosagens de 100; 150 e 200 mg/l foram testados outros quatro diferentes valores de pH de coagulação (5,5; 6,0; 6,5; 7,0). Com a finalidade de se aproximar o máximo possível das condições adequadas de tratabilidade, de acordo com os resultados obtidos nos primeiros ensaios com as cinco dosagens do coagulante e os quatro valores de pH, foram testadas mais três dosagens de cloreto férrico (75; 175; e 225 mg/l) em função dos dois melhores valores de pH de coagulação (6,0; 6,5). Em relação aos demais parâmetros operacionais foram adotados os seguintes valores:  $G_{mr} = 800 \text{ s}^{-1}$ ;  $T_{mr} = 20 \text{ s}$ ;  $G_f = 60 \text{ s}^{-1}$ ;  $T_f = 12 \text{ min}$ ;  $P_{sat} = 450 \pm 5,0 \text{ kPa}$ ;  $R = 30\%$  (em volume);  $V_{f_1} = 5,0 \text{ cm/min}$ ;  $V_{f_2} = 10,0 \text{ cm/min}$ ;  $V_{f_3} = 15,0 \text{ cm/min}$ ;  $V_{f_4} = 20,0 \text{ cm/min}$ ;  $V_{f_5} = 25,0 \text{ cm/min}$  e Temperatura da amostra =  $21,7 \pm 0,3 \text{ }^\circ\text{C}$ .

Nesta terceira coleta não foram realizadas determinações de cor aparente nas amostras, pois verificou-se nas coletas anteriores, que os parâmetros turbidez e DQO, eram suficientes para se determinar as condições mais adequadas de tratabilidade.

Os dados de monitoramento referente à turbidez, cor aparente e DQO, obtidos nos ensaios de flotação da primeira etapa, estão apresentados nas planilhas E.1 a E.8, Anexo E.

Para a dosagem de cloreto férrico de 0 mg/l, foram testados quatro valores de pH de coagulação: 5,96; 6,50; 7,06; 7,53. Observando-se a Figura 5.30, verifica-se que sem a adição de coagulante o pH igual a 6,50 forneceu resultados sensivelmente melhores de remoção de turbidez para a faixa de velocidades de flotação pesquisada, sendo que para a velocidade de flotação de 5,0 cm/min, obteve-se 13,9% de remoção de DQO (DQO residual de 1240 mg/l), 56% de remoção de turbidez (turbidez residual de 346 uT).

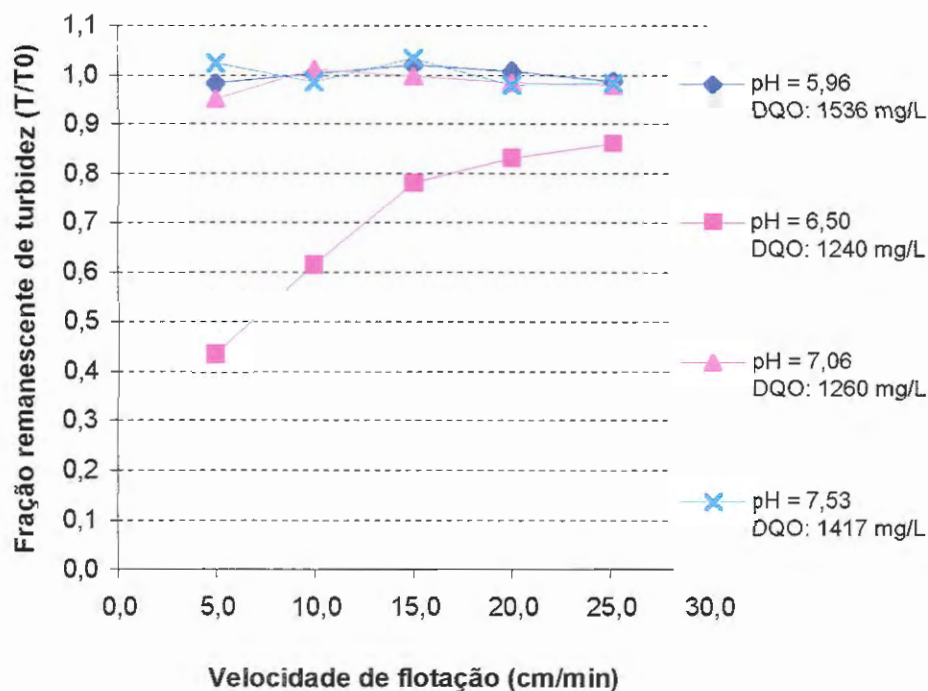


FIGURA 5.30 – Fração remanescente de turbidez (T/T0) em função da velocidade de flotação para dosagem de cloreto férrico = 0 mg/l e diferentes valores de pH de coagulação.

Ensaio realizado com flotateste e efluente, referente a terceira coleta, da indústria de laticínios.  $G_{mr} = 800 \text{ s}^{-1}$ ;  $T_{mr} = 20 \text{ s}$ ;  $G_f = 60 \text{ s}^{-1}$ ;  $T_f = 12 \text{ min}$ ;  $R = 30\%$  (em volume);  $P_{sat} = 450 \pm 5,0 \text{ kPa}$ . Características do efluente industrial bruto: Turbidez: 1030 uT; DQO: 1874 mg/l; Temperatura:  $21,7 \pm 0,3 \text{ }^\circ\text{C}$ .

Para dosagem de cloreto férrico de 50 mg/l, foram testados quatro valores de pH de coagulação: 6,09; 6,55; 7,09; 7,56. Observando-se a Figura 5.31, verifica-se que o pH igual a 6,09 forneceu os melhores resultados de remoção de turbidez para a faixa de velocidades de flotação pesquisada, sendo que para a velocidade de flotação de 5,0 cm/min, obteve-se 40,2% de remoção de DQO (DQO residual de 862 mg/l), 80% de remoção de turbidez (turbidez residual de 159 uT).

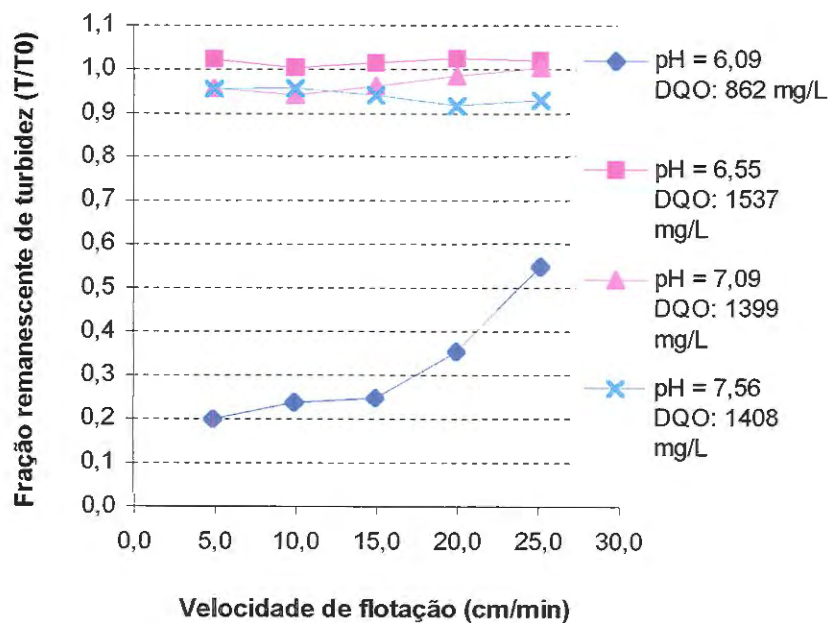


FIGURA 5.31 – Fração remanescente de turbidez (T/T0) em função da velocidade de flotação para dosagem de cloreto férrico = 50 mg/l e diferentes valores de pH de coagulação.

Ensaio realizado com flotatete e efluente, referente a terceira coleta, da indústria de laticínios.  $G_{mr} = 800 \text{ s}^{-1}$ ;  $T_{mr} = 20 \text{ s}$ ;  $G_f = 60 \text{ s}^{-1}$ ;  $T_f = 12 \text{ min}$ ;  $R = 30\%$  (em volume);  $P_{sat} = 450 \pm 5,0 \text{ kPa}$ . Características do efluente industrial bruto: Turbidez: 1030 uT; DQO: 1874 mg/l; Temperatura:  $21,7 \pm 0,3 \text{ }^\circ\text{C}$ .

Para dosagem de cloreto férrico de 100 mg/l, foram testados quatro valores de pH de coagulação: 5,59; 6,08; 6,48; 6,96. Observando-se a Figura 5.32, verifica-se que os valores de pH = 6,08 e 6,48 forneceram resultados sensivelmente melhores de remoção de turbidez para a faixa de velocidades de flotação pesquisada, porém em pH igual a 6,08 à velocidades de flotação abaixo de 25,0 cm/min, obteve-se 73,7% de remoção de DQO (DQO residual de 379 mg/l) e remoção de turbidez maior que 99% (turbidez residual de 0,97 uT à  $V_{\text{flot.}}=5,0$  cm/min).

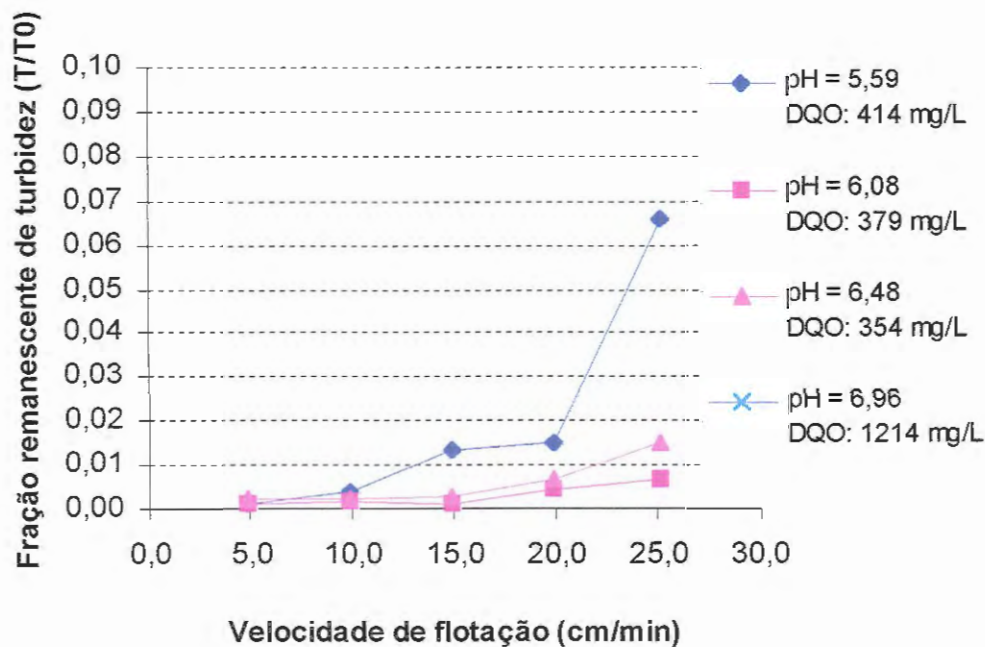


FIGURA 5.32 – Fração remanescente de turbidez (T/T0) em função da velocidade de flotação para dosagem de cloreto férrico = 100 mg/l e diferentes valores de pH de coagulação.

Ensaio realizado com flotatoste e efluente, referente a terceira coleta, da indústria de laticínios.  $G_{mr} = 800s^{-1}$ ;  $T_{mr} = 20s$ ;  $G_f = 60s^{-1}$ ;  $T_f = 12min$ ;  $R = 30%$  (em volume);  $P_{sat} = 450 \pm 5,0$  kPa. Características do efluente industrial bruto: Turbidez: 1030uT; DQO: 1874mg/l; Temperatura:  $21,7 \pm 0,3$  °C.

Para dosagem de cloreto férrico de 150 mg/l, foram testados quatro valores de pH de coagulação: 5,42; 5,99; 6,48; 6,94. Observando-se a Figura 5.33, verifica-se que os valores de pH = 5,99 e 6,48 forneceram resultados sensivelmente melhores de remoção de turbidez para a faixa de velocidades de flotação pesquisada, porém em pH 6,48 à velocidades de flotação abaixo de 20,0 cm/min, obteve-se 74,7% de remoção de DQO (DQO residual de 364 mg/l) e remoção de turbidez maior que 99% (turbidez residual de 0,91 uT à  $V_{\text{flot}}=5,0$  cm/min).

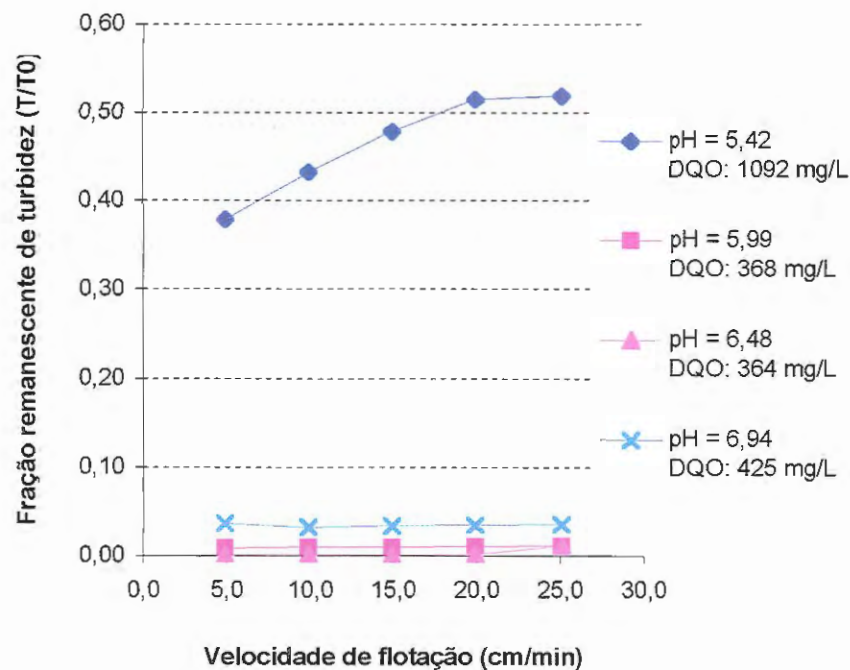


FIGURA 5.33 – Fração remanescente de turbidez (T/T0) em função da velocidade de flotação para dosagem de cloreto férrico = 150 mg/l e diferentes valores de pH de coagulação.

Ensaio realizado com flotatesto e efluente, referente a terceira coleta, da indústria de laticínios.  $G_{mr} = 800s^{-1}$ ;  $T_{mr} = 20s$ ;  $G_f = 60s^{-1}$ ;  $T_f = 12min$ ;  $R = 30%$  (em volume);  $P_{sat} = 450 \pm 5,0$  kPa. Características do efluente industrial bruto: Turbidez: 1030uT; DQO: 1874mg/l; Temperatura:  $21,7 \pm 0,3$  °C.

Para dosagem de cloreto férrico de 200 mg/l, foram testados quatro valores de pH de coagulação: 5,49; 6,00; 6,62; 7,08. Observando-se a Figura 5.34, verifica-se que o pH igual a 6,62 forneceu os melhores resultados de remoção de turbidez para a faixa de velocidades de flotação pesquisada, sendo que para velocidades de flotação abaixo de 25,0 cm/min, obteve-se 74,7% de remoção de DQO (DQO residual de 364 mg/l), remoção de turbidez maior que 99% (turbidez residual de 2,18 uT à  $V_{flot}=5,0$  cm/min).

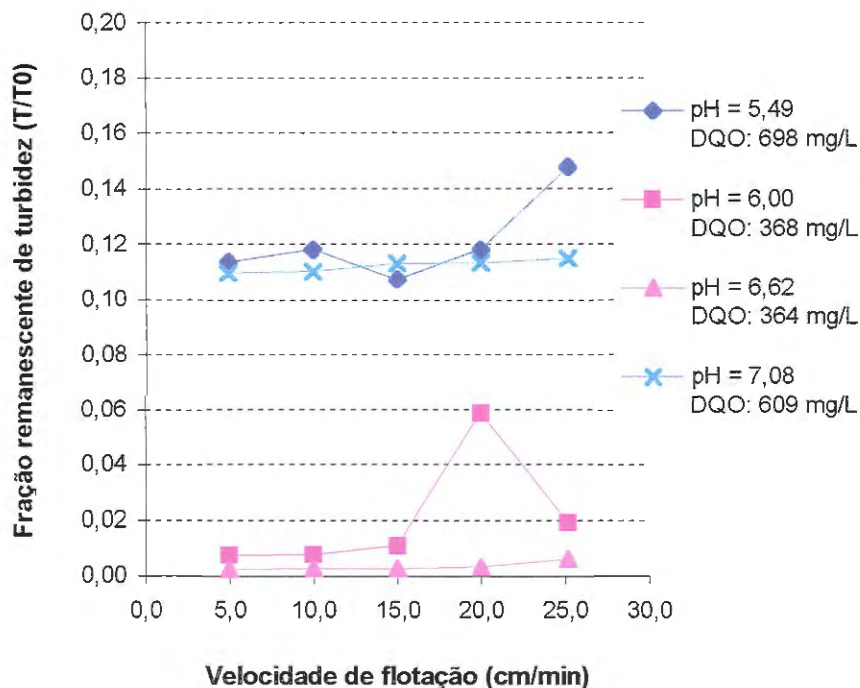


FIGURA 5.34 – Fração remanescente de turbidez (T/T0) em função da velocidade de flotação para dosagem de cloreto férrico = 200 mg/l e diferentes valores de pH de coagulação.

Ensaio realizado com flotatestes e efluente, referente a terceira coleta, da indústria de laticínios.  $G_{mr} = 800s^{-1}$ ;  $T_{mr} = 20s$ ;  $G_f = 60s^{-1}$ ;  $T_f = 12min$ ;  $R = 30\%$  (em volume);  $P_{sat} = 450 \pm 5,0$  kPa. Características do efluente industrial bruto: Turbidez: 1030uT; DQO: 1874mg/l; Temperatura:  $21,7 \pm 0,3$  °C.



Para dosagem de cloreto férrico de 75 mg/l, foram testados dois valores de pH de coagulação: 6,01; 6,58. Observando-se a Figura 5.35, verifica-se que o pH igual a 6,01 forneceu os melhores resultados de remoção de turbidez para a faixa de velocidades de flotação pesquisada, sendo que para velocidades de flotação abaixo de 20,0 cm/min, obteve-se 75,8% de remoção de DQO (DQO residual de 348 mg/l), remoção de turbidez maior que 99% (turbidez residual de 1,64 uT à  $V_{\text{flot}}=10,0$  cm/min).

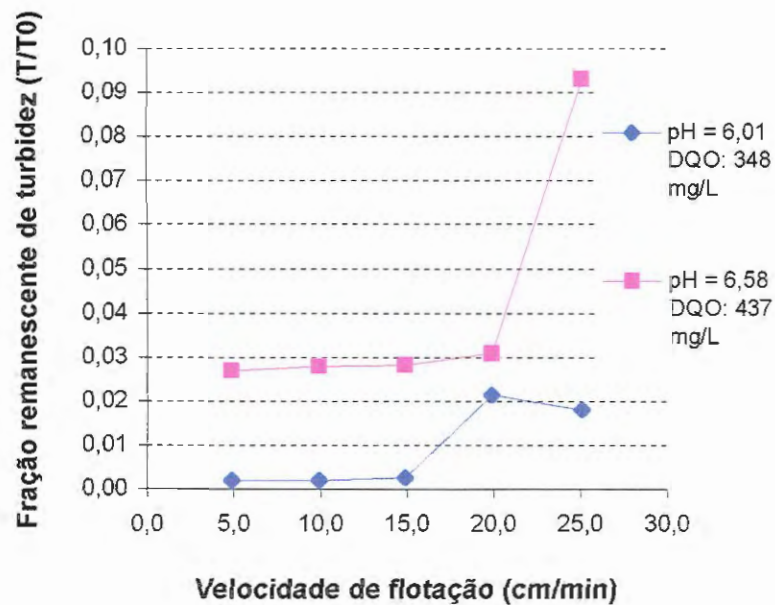


FIGURA 5.35 – Fração remanescente de turbidez (T/T0) em função da velocidade de flotação para dosagem de cloreto férrico = 75 mg/l e diferentes valores de pH de coagulação. Ensaio realizado com flotatesta e efluente, referente a terceira coleta, da indústria de laticínios.  $G_{\text{mr}} = 800 \text{ s}^{-1}$ ;  $T_{\text{mr}} = 20 \text{ s}$ ;  $G_{\text{f}} = 60 \text{ s}^{-1}$ ;  $T_{\text{f}} = 12 \text{ min}$ ;  $R = 30\%$  (em volume);  $P_{\text{sat}} = 450 \pm 5,0 \text{ kPa}$ . Características do efluente industrial bruto: Turbidez: 1030 uT; DQO: 1874 mg/l; Temperatura:  $21,7 \pm 0,3 \text{ }^\circ\text{C}$ .

Para dosagem de cloreto férrico de 125 mg/l, foram testados dois valores de pH de coagulação: 6,08; 6,54. Observando-se a Figura 5.36, verifica-se que os dois valores de pH forneceram resultados próximos de remoção de turbidez para a faixa de velocidades de flotação pesquisada, porém à velocidade de flotação de 10,0 cm/min e pH igual a 6,54, obteve-se 75,6% de remoção de DQO (DQO residual de 351 mg/l), remoção de turbidez maior que 99% (turbidez residual de 0,59 uT).

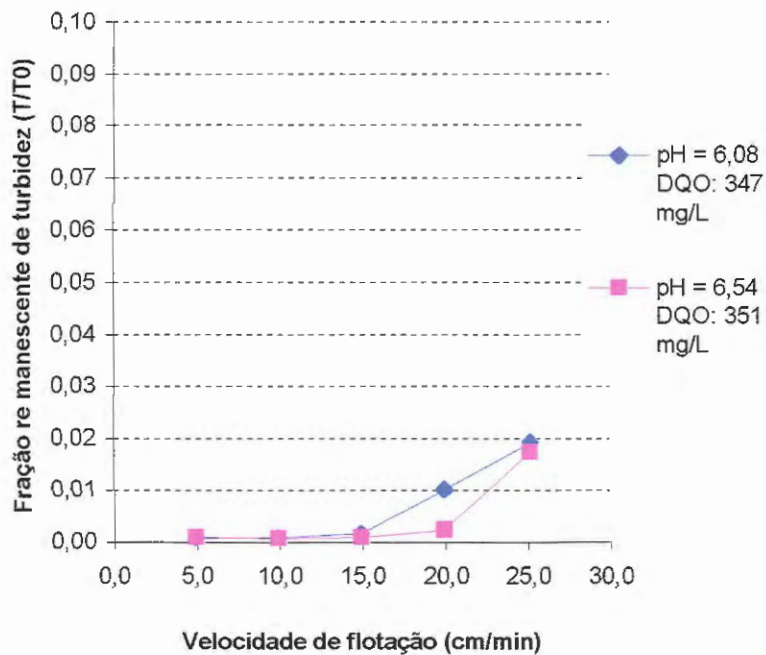


FIGURA 5.36 – Fração remanescente de turbidez (T/T0) em função da velocidade de flotação para dosagem de cloreto férrico = 125 mg/l e diferentes valores de pH de coagulação.

Ensaio realizado com flotatestes e efluente, referente a terceira coleta, da indústria de laticínios.  $G_{mr} = 800s^{-1}$ ;  $T_{mr} = 20s$ ;  $G_f = 60s^{-1}$ ;  $T_f = 12min$ ;  $R = 30%$  (em volume);  $P_{sat} = 450 \pm 5,0$  kPa. Características do efluente industrial bruto: Turbidez: 1030uT; DQO: 1874mg/l; Temperatura:  $21,7 \pm 0,3$  °C.

Para dosagem de cloreto férrico de 175 mg/l, foram testados dois valores de pH de coagulação: 5,91; 6,60. Observando-se a Figura 5.37, verifica-se que os dois valores de pH forneceram resultados próximos de remoção de turbidez para a faixa de velocidades de flotação pesquisada, porém à velocidade de flotação de 10,0 cm/min e pH igual a 5,91, obteve-se 77,1% de remoção de DQO (DQO residual de 330 mg/l), remoção de turbidez maior que 99% (turbidez residual de 0,52 uT).

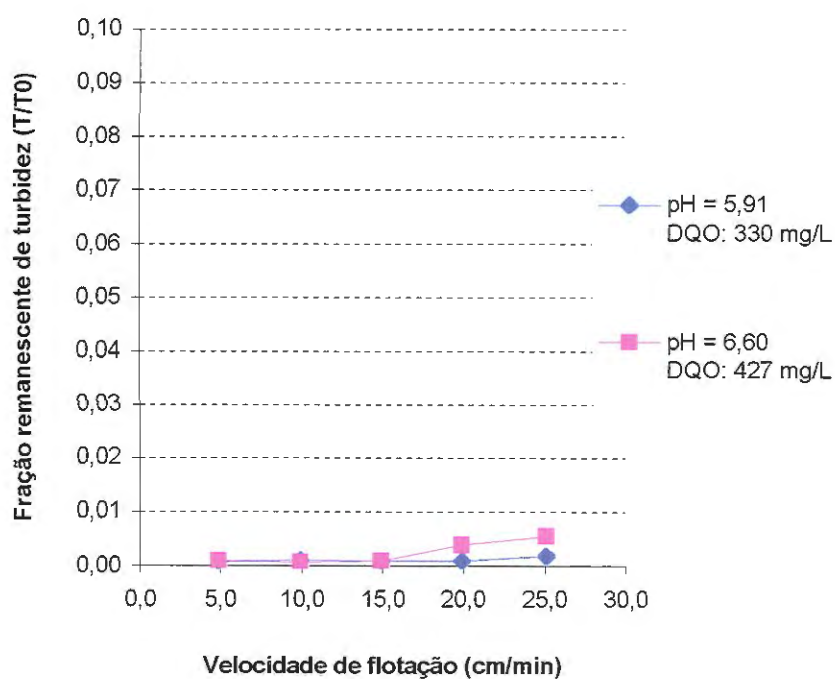


FIGURA 5.37 – Fração remanescente de turbidez (T/T0) em função da velocidade de flotação para dosagem de cloreto férrico = 175 mg/l e diferentes valores de pH de coagulação.

Ensaios realizados com flotatestes e efluente, referente a terceira coleta, da indústria de laticínios.  $G_{mr} = 800s^{-1}$ ;  $T_{mr} = 20s$ ;  $G_f = 60s^{-1}$ ;  $T_f = 12min$ ;  $R = 30%$  (em volume);  $P_{sat} = 450 \pm 5,0$  kPa. Características do efluente industrial bruto: Turbidez: 1030uT; DQO: 1874mg/l; Temperatura:  $21,7 \pm 0,3$  °C.

Para dosagem de cloreto férrico de 225 mg/l, foram testados dois valores de pH de coagulação: 6,06; 6,52. Observando-se a Figura 5.38, verifica-se que os dois valores de pH forneceram resultados muito próximos de remoção de turbidez para a faixa de velocidades de flotação pesquisada, porém à velocidade de flotação de 10,0 cm/min e pH 6,52, obteve-se 76,9% de remoção de DQO (DQO residual de 332 mg/l), remoção de turbidez maior que 99% (turbidez residual de 0,65 uT).

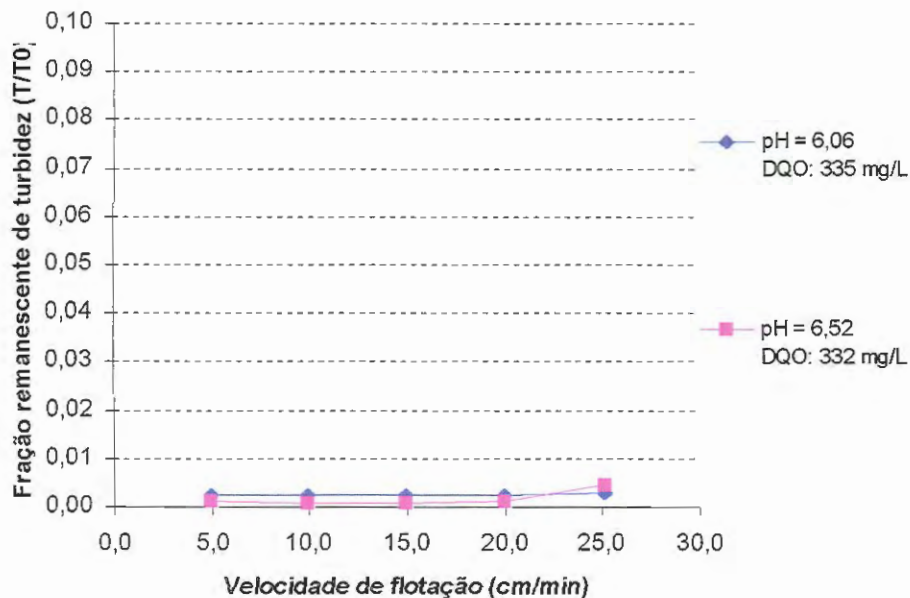


FIGURA 5.38 – Fração remanescente de turbidez (T/T0) em função da velocidade de flotação para dosagem de cloreto férrico = 225 mg/l e diferentes valores de pH de coagulação.

Ensaio realizado com flotatestes e efluente, referente a terceira coleta, da indústria de laticínios.  $G_{mr} = 800 s^{-1}$ ;  $T_{mr} = 20 s$ ;  $G_f = 60 s^{-1}$ ;  $T_f = 12 min$ ;  $R = 30\%$  (em volume);  $P_{sat} = 450 \pm 5,0 kPa$ . Características do efluente industrial bruto: Turbidez: 1030 uT; DQO: 1874 mg/l; Temperatura:  $21,7 \pm 0,3 ^\circ C$ .

Observa-se que em relação a remoção de turbidez os resultados para dosagens de cloreto férrico estudadas, forneceram remoções próximas em pH de coagulação entre 6,0 e 6,5. Nas Tabelas 5.13 e 5.14, são apresentadas a eficiência de remoção de turbidez para as diferentes velocidades de flotação, referentes apenas aos valores de de pH de coagulação 6,0 e 6,5 respectivamente, para cada dosagem de cloreto férrico investigada. As Figuras 5.39 e 5.40 ilustram o comportamento das curvas de flotação representadas pelo binômio fração remanescente de turbidez em função das velocidades de flotação estudadas para os valores de pH 6,0 e 6,5.

Dosagens de cloreto férrico acima de 50 mg/l e pH de coagulação entre 6,0 e 6,5, forneceram remoções acima de 97% de turbidez para as velocidades de flotação estudadas (mínima de 98% para DCF=75 e 125 mg/l à  $V_{\text{flot.}}=25,0$  cm/min e maior que 99% para as outras dosagens). Para a dosagem de 50 mg/l os resultados de remoção de turbidez foram inferiores aos obtidos anteriormente (mínima de 45% à  $V_{\text{flot.}}=25,0$  cm/min e máxima de 80% à  $V_{\text{flot.}}=5,0$  cm/min). Sem a aplicação de cloreto férrico os resultados obtidos foram sensivelmente piores, decrescente para todas as velocidades de flotação estudadas, (mínima de 14% à  $V_{\text{flot.}}=25,0$  cm/min e máxima de 56% à  $V_{\text{flot.}}=5,0$  cm/min).

TABELA 5.13 – Eficiência (%) de remoção de turbidez em pH de coagulação  $6,0\pm 0,09$  para cada dosagem de cloreto férrico, investigada em diferentes velocidades de flotação.

Velocidade de flotação		Eficiência de Remoção de Turbidez (%)								
cm/min	m/dia	DCF 0 mg/l pH <sub>cg</sub> =5,96	DCF 50 mg/l pH <sub>cg</sub> =6,09	DCF 75mg/l pH <sub>cg</sub> =6,01	DCF 100 mg/l pH <sub>cg</sub> =6,08	DCF 125mg/l pH <sub>cg</sub> =6,08	DCF 150mg/l pH <sub>cg</sub> =5,99	DCF 175mg/l pH <sub>cg</sub> =5,91	DCF 200mg/l pH <sub>cg</sub> =6,00	DCF 225mg/l pH <sub>cg</sub> =6,06
5,0	72	2	80	>99	>99	>99	99	>99	99	>99
10,0	144	0	76	>99	>99	>99	99	>99	99	>99
15,0	216	0	75	>99	>99	>99	99	>99	99	>99
20,0	288	0	63	98	>99	99	99	>99	94	>99
25,0	363	1	45	98	99	98	99	>99	98	>99

Ensaio realizado com flotatestes e efluente, referente a terceira coleta, da indústria de laticínios.  $G_{\text{mr}}=800\text{s}^{-1}$ ;  $T_{\text{mr}}=20\text{s}$ ;  $G_{\text{f}}=60\text{s}^{-1}$ ;  $T_{\text{f}}=12\text{min}$ ;  $R=30\%$  (em volume);  $P_{\text{sat}}=450\pm 5,0$  kPa. Características do efluente industrial bruto: Turbidez: 1030uT; DQO: 1874mg/l; Temperatura:  $21,7\pm 0,3$  °C.

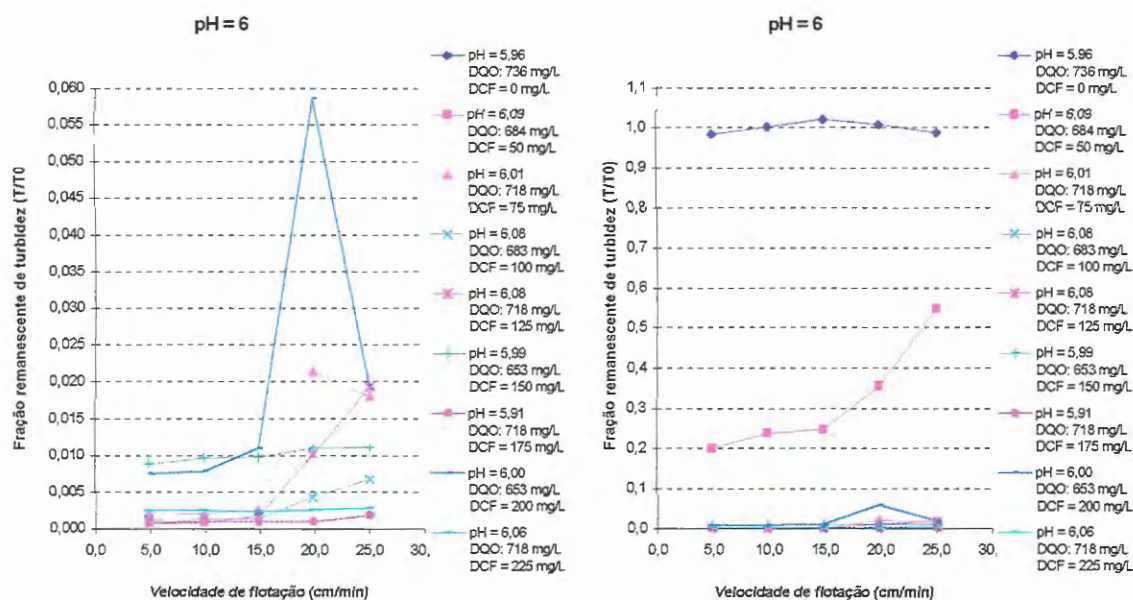


FIGURA 5.39 – Fração remanescente de turbidez (T/T0) em função da velocidade de flotação e pH de coagulação  $6,0 \pm 0,09$  para as dosagens de cloreto férrico estudadas.

Ensaio realizado com flotateste e efluente, referente a terceira coleta, da indústria de laticínios.  $G_{mr} = 800 s^{-1}$ ;  $T_{mr} = 20 s$ ;  $G_f = 60 s^{-1}$ ;  $T_f = 12 min$ ;  $R = 30%$  (em volume);  $P_{sat} = 450 \pm 5,0 kPa$ . Características do efluente industrial bruto: Turbidez: 1030 uT; DQO: 1874 mg/l; Temperatura:  $21,7 \pm 0,3 ^\circ C$ .

TABELA 5.14 – Eficiência (%) de remoção de turbidez em pH de coagulação 6,5 para cada dosagem de cloreto férrico, investigada em diferentes velocidades de flotação.

Velocidade de flotação		Eficiência de Remoção de Turbidez (%)								
cm/min	m/dia	DCF 0 mg/l $pH_{cg}=6,50$	DCF 50 mg/l $pH_{cg}=6,55$	DCF 75 mg/l $pH_{cg}=6,58$	DCF 100 mg/l $pH_{cg}=6,48$	DCF 125 mg/l $pH_{cg}=6,54$	DCF 150 mg/l $pH_{cg}=6,48$	DCF 175 mg/l $pH_{cg}=6,60$	DCF 200 mg/l $pH_{cg}=6,62$	DCF 225 mg/l $pH_{cg}=6,52$
5,0	72	56	0	97	>99	>99	>99	>99	>99	>99
10,0	144	39	0	97	>99	>99	>99	>99	>99	>99
15,0	216	22	0	97	>99	>99	>99	>99	>99	>99
20,0	288	17	0	97	99	>99	>99	>99	>99	>99
25,0	363	14	0	91	98	98	99	99	99	>99

Ensaio realizado com flotateste e efluente, referente a terceira coleta, da indústria de laticínios.  $G_{mr} = 800 s^{-1}$ ;  $T_{mr} = 20 s$ ;  $G_f = 6 s^{-1}$ ;  $T_f = 12 min$ ;  $R = 30%$  (em volume);  $P_{sat} = 450 \pm 5,0 kPa$ . Características do efluente industrial bruto: Turbidez: 1030 uT; DQO: 1874 mg/l; Temperatura:  $21,7 \pm 0,3 ^\circ C$ .

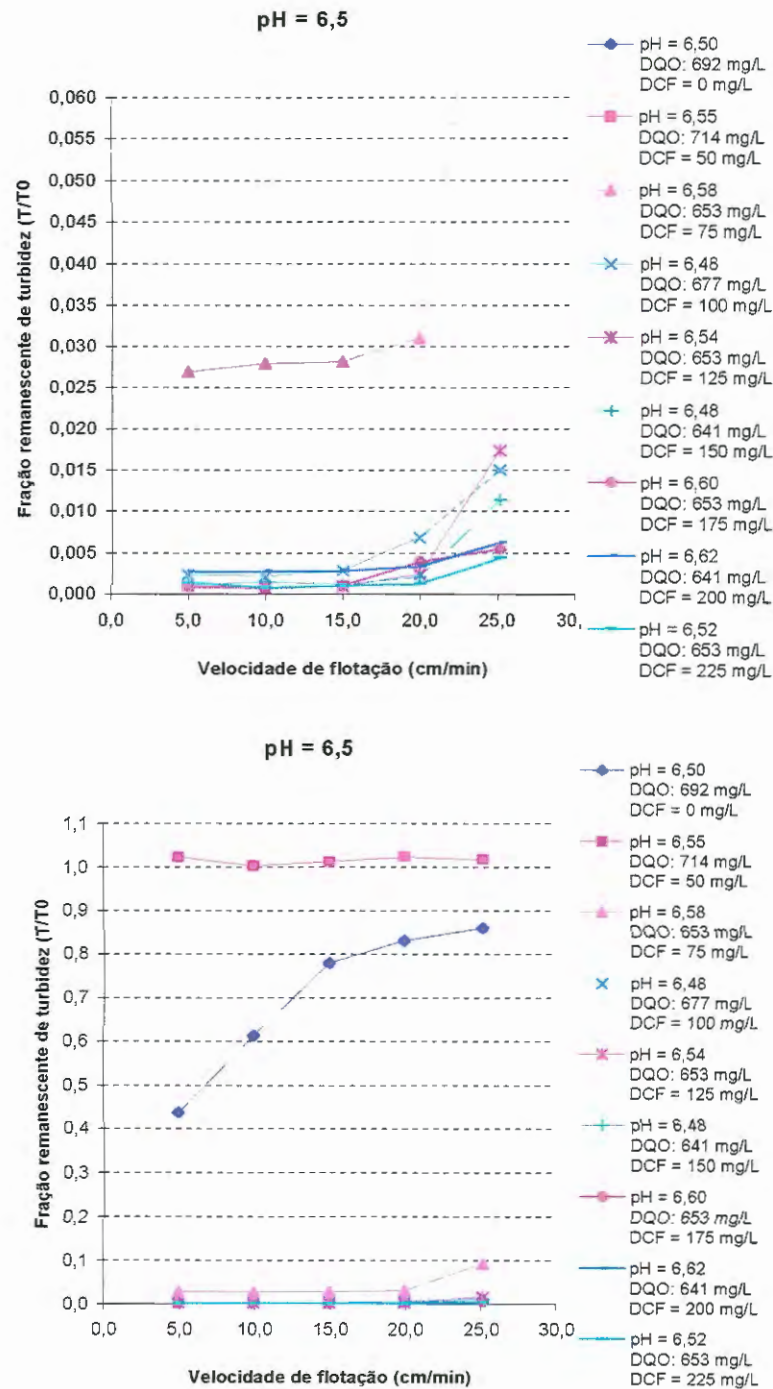


FIGURA 5.40 – Fração remanescente de turbidez (T/T0) em função da velocidade de flotação e pH de coagulação  $6,5 \pm 0,10$  para as dosagens de cloreto férrico estudadas.

Ensaio realizado com flotatestes e efluente, referente a terceira coleta, da indústria de laticínios.  $G_{mr} = 800 \text{ s}^{-1}$ ;  $T_{mr} = 20 \text{ s}$ ;  $G_f = 60 \text{ s}^{-1}$ ;  $T_f = 12 \text{ min}$ ;  $R = 30\%$  (em volume);  $P_{sat} = 450 \pm 5,0 \text{ kPa}$ . Características do efluente industrial bruto: Turbidez: 1030 uT; DQO: 1874 mg/l; Temperatura:  $21,7 \pm 0,3 \text{ }^\circ\text{C}$ .

Na Tabela 5.15 e nas Figuras 5.41 e 5.42, são apresentadas as eficiências de remoção de DQO referente aos ensaios de tratabilidade para as velocidades de flotação de 10,0 cm/min e 25,0 cm/min em cada dosagem de cloreto férrico investigada. Observa-se que em relação a remoção de DQO os valores de pH de coagulação entre 6,0 e 6,5 forneceram os melhores resultados para as dosagens de cloreto férrico acima de 50 mg/l para as duas velocidades de flotação

Para a  $V_{\text{flot}}=10,0$  cm/min e pH de coagulação entre 6,0 e 6,5, verifica-se. remoções próximas e acima de 75%. Dosagens a partir de 75 mg/l à 225 mg/l forneceram remoção mínima de 77% (DCF=75 mg/l e pH=6,58) e máxima de 82% (DCF=175 mg/l e pH=5,91; DCF=225 e pH=6,06 e 6,52). A condição de DCF= 175 mg/l a pH = 5,91 forneceu o melhor resultado obtendo 82% de eficiência para uma DQO residual de 330 mg/l. A DCF=50 mg/l, apresentou uma eficiência de 54% em pH 6,09, bem inferior em relação ao mencionado como ótimo. Sem a aplicação de cloreto férrico a eficiência de remoção de DQO foi sensivelmente pior (34% em pH 6,5).

Para a  $V_{\text{flot}}=25,0$  cm/min e pH de coagulação entre 6,0 e 6,5, verifica-se. remoções próximas e acima de 70%. Dosagens a partir de 75 mg/l à 225 mg/l forneceram remoção mínima de 73% (DCF=75 mg/l e pH=6,58) e máxima de 81% (DCF=200 mg/l e pH=6,0; DCF=225 e pH=6,06 e 6,52). A condição de DCF= 225 mg/l a pH = 6,06 forneceu o melhor resultado obtendo 81% de eficiência para uma DQO residual de 347 mg/l. A DCF=50 mg/l, apresentou uma eficiência de 31% em pH 6,09, bem inferior em relação ao mencionado como ótimo. Sem a aplicação de cloreto férrico a eficiência de remoção de DQO foi sensivelmente pior (21% em pH 5,96).

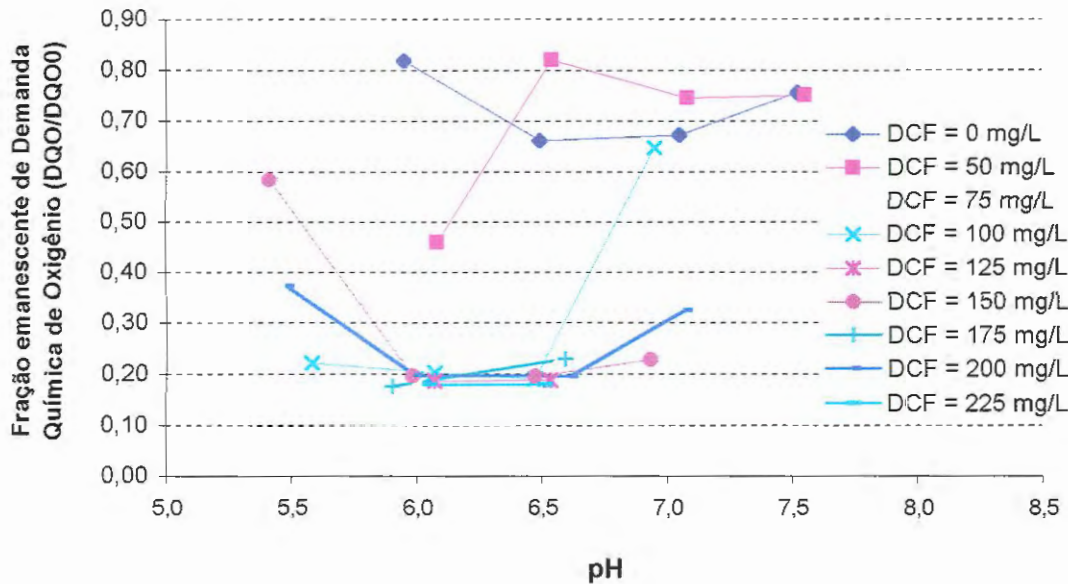
Julgando concomitantemente as duas condições de velocidade de flotação ( $V_{\text{flot}}=10,0$  cm/min e 25,0 cm/min) e pH de coagulação entre 6,0 e 6,5, conclui-se que as dosagens de cloreto férrico designadas como mais adequadas (175 e 225 mg/l) podem ser consideradas superestimadas, pois a diferença entre as eficiências de remoção não supera 1%. Por outro lado, com base na Tabela 5.15 e na Figura 5.41, observa-se que a dosagem de cloreto férrico de 100 mg/l e pH de coagulação 6,48 oferece: uma eficiência satisfatória em termos de remoção de DQO não filtrada (81% à  $V_{\text{flot}}=10,0$  cm/min e DQO residual de 354 mg/l; 79% à  $V_{\text{flot}}=25,0$  cm/min e DQO residual de 400 mg/l); segurança na dosagem (comportamento da curva é relativamente estável); e economicamente mais viável (menor volume de coagulante comparado aos ótimos obtidos para cada velocidade de flotação).



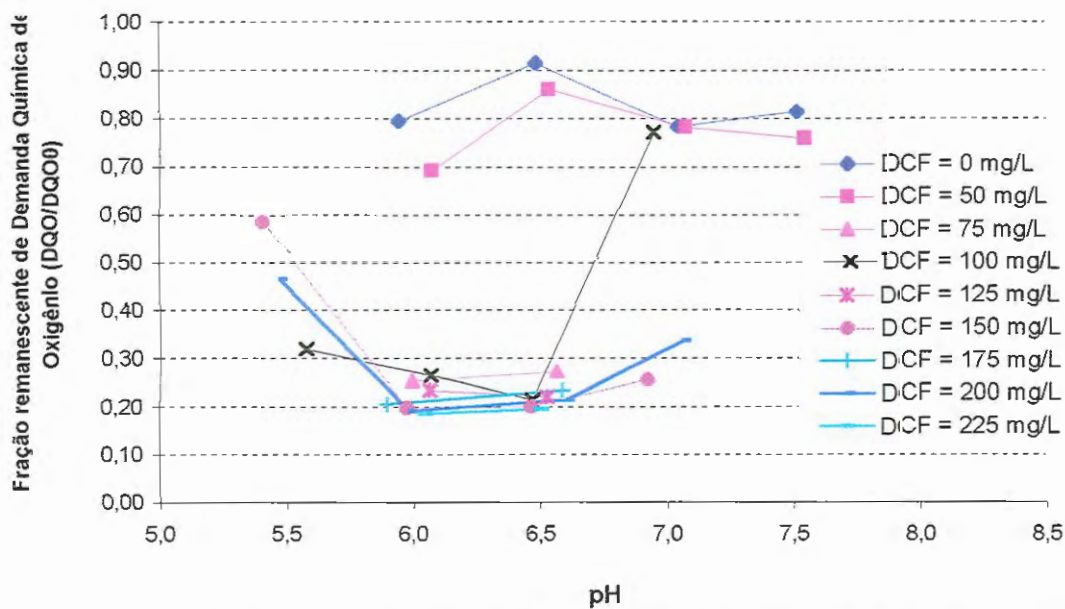
TABELA 5.15 – Eficiência (%) de remoção de DQO para os valores pH de coagulação estudados em cada dosagem de cloreto férrico, investigada na velocidade de flotação de 10,0 cm/min e 25,0 cm/min.

Velocidade de Flotação		10,0 cm/min		25,0 cm/min	
DCF (mg/l)	pH	DQO (mg/l)	DQO (%)	DQO (mg/l)	DQO (%)
		Remanescente	Eficiência	Remanescente	Eficiência
0	5,96	1532	18	1489	21
	6,50	1240	34	1717	8
0	7,06	1260	33	1469	22
	7,53	1417	24	1526	19
50	6,09	862	54	1295	31
	6,55	1537	18	1615	14
	7,09	1399	25	1466	22
	7,56	1408	25	1423	24
75	6,01	348	81	474	75
	6,58	437	77	511	73
100	5,59	414	78	599	68
	6,08	379	80	494	74
	6,48	354	81	400	79
	6,96	1214	35	1446	23
125	6,08	347	81	437	77
	6,54	351	81	414	78
150	5,42	1092	42	1098	41
	5,99	368	80	370	80
	6,48	364	81	375	80
	6,94	425	77	479	74
175	5,91	330	82	384	80
	6,60	427	77	437	77
200	5,49	698	63	872	53
	6,00	368	80	356	81
	6,62	364	81	399	79
	7,08	609	68	631	66
225	6,06	335	82	347	81
	6,52	332	82	365	81

Velocidade de flotação = 10 cm/min



Velocidade de flotação = 25 cm/min



FIGURAS 5.41 e 5.42 – Fração remanescente de Demanda Química de Oxigênio (DQO/DQO0) em função de diferentes valores de pH de coagulação para todas as dosagens de cloreto férrico estudadas na velocidade de flotação de 10,0 cm/min e 25,0 cm/min.

Ensaio realizado com flotatestes e efluente, referente a terceira coleta, da indústria de laticínios.  $G_{mr} = 800s^{-1}$ ;  $T_{mr} = 20s$ ;  $G_f = 60s^{-1}$ ;  $T_f = 12min$ ;  $R = 30%$  (em volume);  $P_{sat} = 450 \pm 5,0$  kPa. Características do efluente industrial bruto: Turbidez: 1030uT; DQO: 1874mg/l; Temperatura:  $21,7 \pm 0,3$  °C.

Portanto, para esta primeira etapa, os valores obtidos dos parâmetros avaliados para as condições mais adequadas de coagulação foram: DCF=100 mg/l e pH de coag. =  $6,5 \pm 0,1$ . Os outros parâmetros permaneceram fixados:  $G_{mr} = 800 \text{ s}^{-1}$ ;  $T_{mr} = 20 \text{ s}$ ;  $G_f = 60 \text{ s}^{-1}$ ;  $T_f = 12 \text{ min}$ ;  $P_{sat} = 450 \pm 5,0 \text{ kPa}$ ;  $R=30\%$  (em volume);  $V_{f1}=5,0 \text{ cm/min}$ ;  $V_{f2}=10,0 \text{ cm/min}$ ;  $V_{f3} = 15,0 \text{ cm/min}$ ;  $V_{f4} = 20,0 \text{ cm/min}$ ;  $V_{f5} = 25,0 \text{ cm/min}$  e Temperatura da amostra =  $21,7 \pm 0,3 \text{ }^\circ\text{C}$ . Deve-se salientar, entretanto, que a dosagem de 75 mg/l de cloreto férrico (pH entre 6,0 e 6,5) forneceu resultados excelentes bastante próximos aos obtidos com 100 mg/l em pH de 6,5.

SEGUNDA ETAPA: variação do tempo de floculação e do gradiente médio de velocidade de floculação utilizando o flotatesto e com aplicação de cloreto férrico como coagulante.

Nas Figuras 5.43 a 5.46 estão apresentados a razão entre a turbidez da amostra tratada e a turbidez do efluente industrial bruto, em função da velocidade de flotação obtidos nos ensaios realizados variando-se o tempo de floculação em 1, 3, 6, 12 minutos, e diferentes valores de gradientes médios de velocidade de floculação ( $G_f$ ): 40, 60, 80  $\text{s}^{-1}$ . Os demais parâmetros operacionais foram mantidos fixos: dosagem de cloreto férrico (DCF) = 100 mg/l e pH de coagulação =  $6,5 \pm 0,1$ , ambos obtidos e julgados mais adequados na fase anterior de estudos (primeira etapa);  $T_{mr} = 20 \text{ s}$ ;  $G_{mr} = 800 \text{ s}^{-1}$ ;  $R = 30\%$  (em volume);  $P_{sat} = 450 \pm 5,0 \text{ kPa}$  e Temperatura da amostra =  $21,0 \pm 1,0 \text{ }^\circ\text{C}$ . Nas Tabelas 5.16 e 5.17, referente aos ensaios estão apresentados os valores de eficiência de remoção de turbidez e DQO, respectivamente, para cada situação investigada, calculados com base nas curvas de flotação apresentadas nas Figuras 5.43, 5.44, 5.45 e 5.46, referente aos  $T_f$  de 1 min, 3 min, 6 min e 12 minutos. A Figura 5.47 apresentam as curvas de remoção de DQO às velocidades de flotação de 10,0 cm/min e 25,0 cm/min, para todos os  $T_f$  e  $G_f$  estudados.

Os dados de monitoramento referente à turbidez, cor aparente e DQO, obtidos nos ensaios de flotação da segunda etapa, estão apresentados nas planilhas E.9 e E.10, Anexo E.

Analisando as curvas da Figura 5.43 e os dados da Tabela 5.16, referentes aos ensaios com  $T_f$  de 1 minuto, observa-se que para os três valores de  $G_f$  40, 60 e 80  $\text{s}^{-1}$  os resultados de remoção de turbidez por flotação em todas as velocidades de flotação estudadas (5,0 a 25,0 cm/min), forneceram eficiências bem próximas entre si (>99% para  $V_{\text{flot}}$  abaixo de 20,0 cm/min em todos  $G_f$  e mínima de 98% para  $V_{\text{flot}}=25,0 \text{ cm/min}$  à  $G_f = 40$  e 80  $\text{s}^{-1}$ ). A curva representada por  $G_f = 60 \text{ s}^{-1}$  demonstrou um comportamento ligeiramente melhor para todas as velocidades de flotação especialmente à  $V_{\text{flot}}=10,0 \text{ cm/min}$  (remoção de turbidez maior que 99% e residual de 1,34 uT).

No que se refere a remoção de DQO para as velocidades de flotação de 10,0 cm/min e 25,0 cm/min, comparando os gradientes médio de velocidade na Figura 5.47 e na Tabela 5.17 para os ensaios com  $T_f$  de 1 minuto, os três valores estudados 40, 60 e 80  $s^{-1}$  apresentaram eficiências bastante próximas (82%, 82% e 81% para  $V_{flot.} = 10,0$  cm/min e 77%, 79% e 78% para  $V_{flot.} = 25,0$  cm/min), sendo que para ambas as velocidades de flotação o  $Gf=60$   $s^{-1}$  apresentou remoção de DQO ligeiramente melhor (82% eficiência com residual de 335 mg/l para  $V_{flot.}=10,0$  cm/min e 79% de eficiência com residual de 417 mg/l para  $V_{flot.}=25,0$  cm/min).

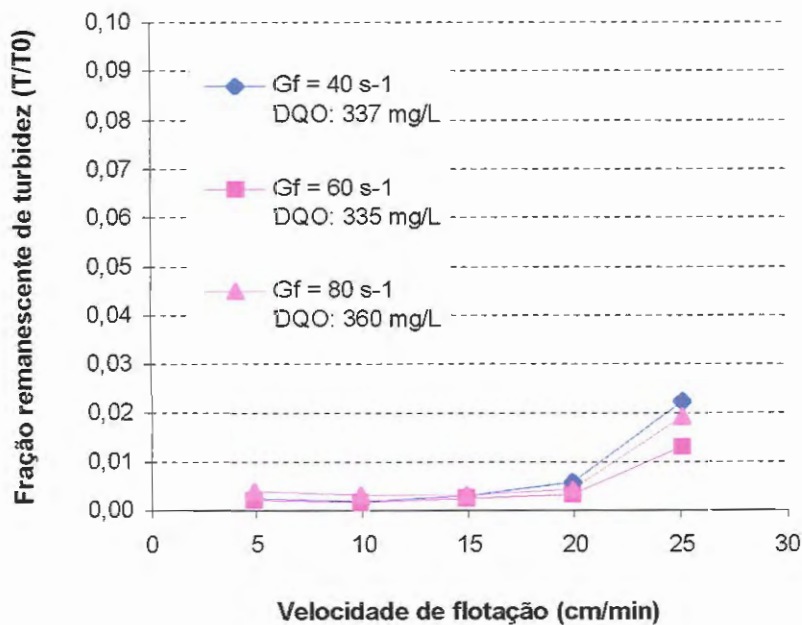


FIGURA 5.43 – Fração remanescente de turbidez (T/T0) em função da velocidade de flotação para tempo de floculação igual a 1 minuto e diferentes valores de gradiente médio de velocidade de floculação, com aplicação de cloreto férrico.

Ensaio realizado com flotatestes e efluente bruto, referente a terceira coleta, da indústria de laticínios.

DCF=100mg/l; pH=6,5±0,1;  $G_{mr}=800s^{-1}$ ;  $T_{mr}=20s$ ; R=30% (em volume);  $P_{sat}=450±5,0kPa$ . Características do efluente industrial bruto: Turbidez: 1030uT; DQO: 1874mg/l; Temperatura: 21,0±1,0 °C.

Analisando as curvas da Figura 5.44 e os dados da Tabela 5.16, referentes aos ensaios com  $T_f$  de 3 minutos, observa-se que os valores de  $Gf$  40, 60 e 80  $s^{-1}$  os resultados de remoção de turbidez por flotação em todas as velocidades de flotação estudadas (5,0 a 25,0 cm/min), forneceram eficiências próximas entre si (>99% para  $Gf = 40$   $s^{-1}$  em todas as velocidades de flotação e para  $Gf = 80$   $s^{-1}$  à velocidades abaixo de 20,0 cm/min; 99% de remoção para  $Gf = 60$   $s^{-1}$  em todas as velocidades de flotação e 98% de remoção para

$Gf = 80 \text{ s}^{-1}$  à velocidades de 20,0 e 25,0 cm/min). A curva representada por  $Gf = 80 \text{ s}^{-1}$  demonstrou um comportamento ligeiramente melhor para velocidades de flotação abaixo de 20,0 cm/min, especialmente à  $V_{\text{flot.}}=5,0 \text{ cm/min}$  (remoção de turbidez >99% e residual de 1,67 uT).

No que se refere a remoção de DQO para as velocidades de flotação de 10,0 cm/min e 25,0 cm/min, comparando os gradientes médio de velocidade na Figura 5.47 e na Tabela 5.16 para os ensaios com  $T_f$  de 3 minutos, os três valores estudados 40, 60 e  $80 \text{ s}^{-1}$  apresentaram eficiências bastante próximas (81%, 80% e 82% para  $V_{\text{flot.}} = 10 \text{ cm/min}$  e 81%, 80% e 78% para  $V_{\text{flot.}} = 25,0 \text{ cm/min}$ ), sendo que para a velocidade de flotação de 10,0 cm/min o  $Gf=80 \text{ s}^{-1}$  apresentou remoção de DQO ligeiramente melhor (82% eficiência com residual de 337 mg/l) e para  $V_{\text{flot.}} = 25,0 \text{ cm/min}$  o  $Gf=40 \text{ s}^{-1}$  apresentou remoção de DQO com 81% de eficiência e residual de 352 mg/l.

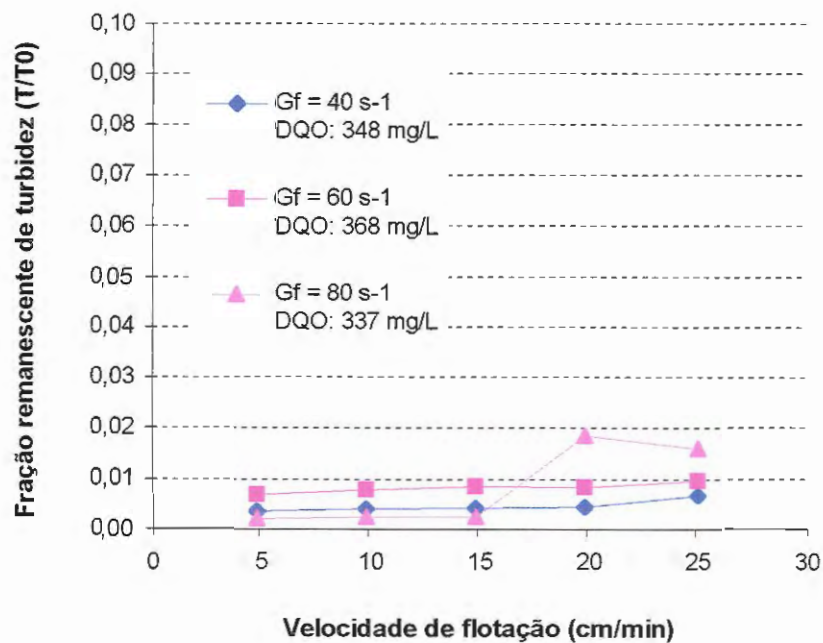


FIGURA 5.44 – Fração remanescente de turbidez (T/T0) em função da velocidade de flotação para tempo de floculação igual à 3 minutos e diferentes valores de gradiente médio de velocidade de floculação, com aplicação de cloreto férrico.

Ensaio realizado com flotatestes e efluente bruto, referente a terceira coleta, da indústria de laticínios.

DCF=100mg/l; pH=6,5±0,1;  $G_{mr}=800 \text{ s}^{-1}$ ;  $T_{mr}=20 \text{ s}$ ; R=30% (em volume);  $P_{sat}=450 \pm 5,0 \text{ kPa}$ . Características do efluente industrial bruto: Turbidez: 1030uT; DQO: 1874mg/l; Temperatura: 21,0±1,0 °C.

Analisando as curvas da Figura 5.45 e os dados da Tabela 5.16, referentes aos ensaios com Tf de 6 minutos, observa-se que os valores de Gf iguais à 40; 60 e 80 s<sup>-1</sup> apresentaram resultados de remoção de turbidez por flotação em todas as velocidades de flotação estudadas (5,0 a 25,0 cm/min), próximas entre si (com remoção máxima de >99% para Gf=80 s<sup>-1</sup> em velocidades de flotação abaixo de 25,0 cm/min e mínima de 97% para Gf=60s<sup>-1</sup> em todas velocidades de flotação). A curva representada por Gf =80s<sup>-1</sup> demonstrou melhor comportamento para todas as velocidades de flotação estudadas comparada às outras curvas (Gf = 40 e 60 s<sup>-1</sup>), especialmente à V<sub>flot.</sub>=10,0 cm/min (remoção de turbidez >99% e residual de 1,37 uT).

No que se refere a remoção de DQO para as velocidades de flotação de 10,0 cm/min e 25,0 cm/min, comparando os gradientes médio de velocidade na Figura 5.47 e na Tabela 5.17 para os ensaios com Tf de 6 minutos, os três valores estudados 40, 60 e 80 s<sup>-1</sup> apresentaram eficiências bastante próximas (78%, 77% e 81% à V<sub>flot.</sub>=10,0 cm/min e 78%, 76% e 80% à V<sub>flot.</sub>=25,0 cm/min), sendo que para ambas as velocidades de flotação o Gf=80 s<sup>-1</sup> apresentou remoção de DQO ligeiramente melhor (81% eficiência com residual de 352 mg/l à V<sub>flot.</sub>=10,0 cm/min e 80% de eficiência com residual de 372 mg/l à V<sub>flot.</sub>=25,0 cm/min).

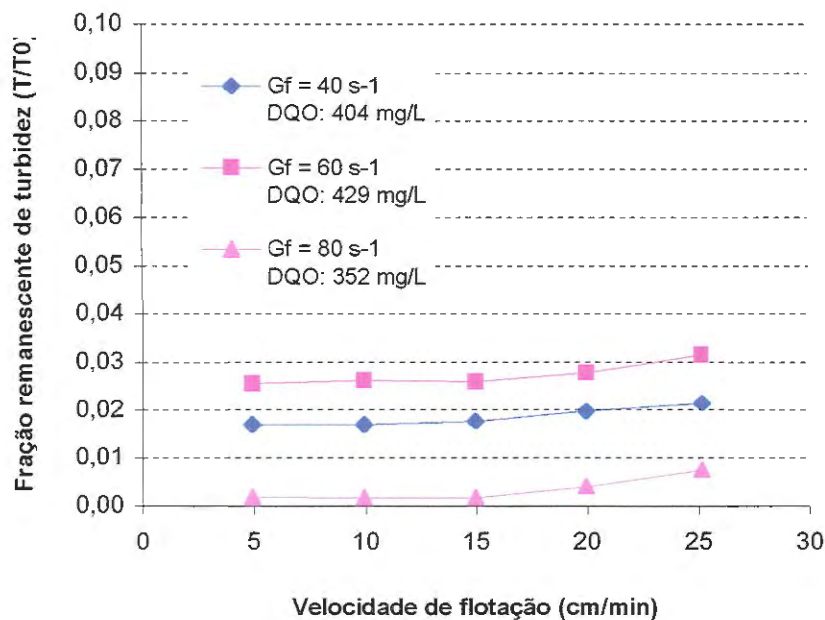


FIGURA 5.45 – Fração remanescente de turbidez (T/T0) em função da velocidade de flotação para tempo de floculação igual à 6 minutos e diferentes valores de gradiente médio de velocidade de floculação, com aplicação de cloreto férrico.

Ensaio realizado com flotatestes e efluente bruto, referente a terceira coleta, da indústria de laticínios.

DCF=100mg/l; pH=6,5±0,1; Gmr=800s<sup>-1</sup>; Tmr=20s; R=30% (em volume); Psat=450±5,0kPa. Características do efluente industrial bruto: Turbidez: 1030uT; DQO: 1874mg/l; Temperatura: 21,0±1,0 °C.

Analisando as curvas da Figura 5.46 e os dados da Tabela 5.16, referentes aos ensaios com  $T_f$  de 12 minutos, observa-se que os valores de  $G_f$  40, 60 e 80  $s^{-1}$  apresentaram resultados de remoção de turbidez por flotação em todas as velocidades de flotação estudadas (5,0 a 25,0 cm/min), próximas entre si (com remoção maior que 99% para  $G_f=80$   $s^{-1}$  em velocidades de flotação abaixo de 20,0 cm/min e mínima de 97% para  $G_f=60s^{-1}$  em todas velocidades de flotação). A curva representada por  $G_f =80$   $s^{-1}$  demonstrou melhor comportamento para velocidades de flotação abaixo de 25,0 cm/min comparada às outras curvas ( $G_f=40$  e 60  $s^{-1}$ ), obtendo melhor desempenho à  $V_{flot.}=5,0$  cm/min (remoção de turbidez maior que 99% e residual de 0,93 uT). Comparando os gradientes médio de velocidade na Figura 5.47 e na Tabela 5.17 para os ensaios com  $T_f$  de 12 minutos, no que se refere a remoção de DQO para a velocidade de flotação de 10,0 cm/min a melhor eficiência é observada para  $G_f = 80$   $s^{-1}$  (81%) apresentando residual de DQO = 354 mg/l à  $V_{flot.} = 25,0$  cm/min, o  $G_f$  de 60  $s^{-1}$  apresentou remoção de 75% e residual de DQO = 463 mg/l, porém inferior ao obtido para 10,0 cm/min.

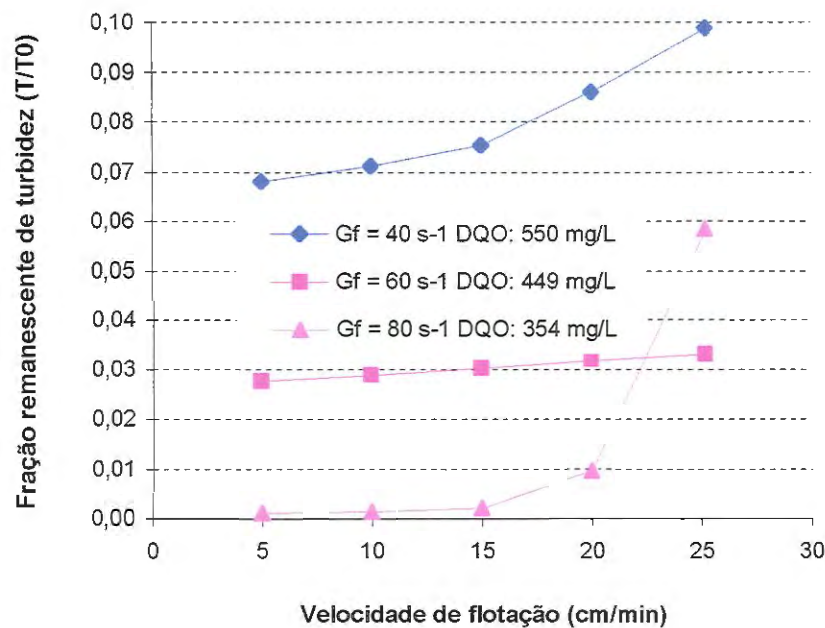
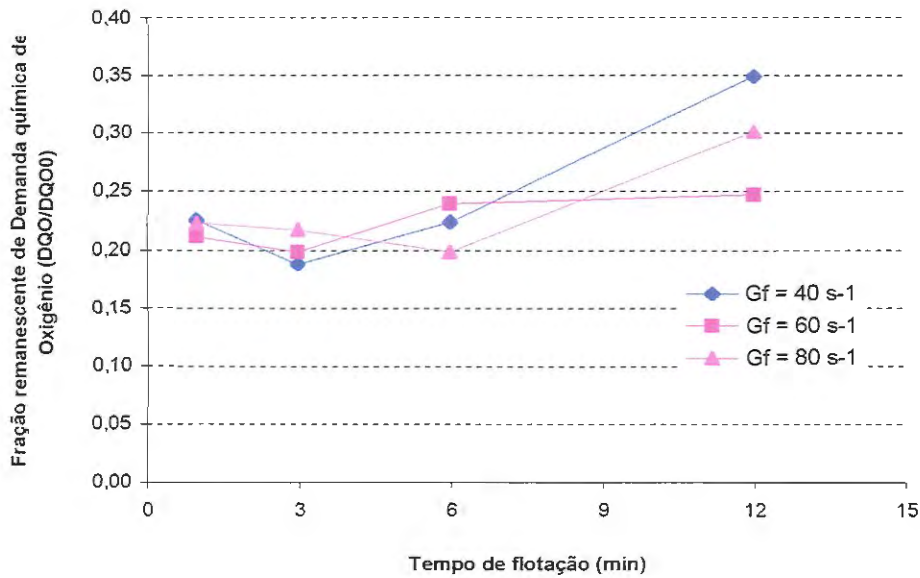


FIGURA 5.46 – Fração remanescente de turbidez (T/T0) em função da velocidade de flotação para tempo de floculação igual à 12 minutos e diferentes valores de gradiente médio de velocidade de floculação, com aplicação de cloreto férrico.

Ensaio realizado com flotatete e efluente bruto, referente a terceira coleta, da indústria de laticínios. DCF=100mg/l; pH=6,5±0,1;  $G_{mr}=800s^{-1}$ ;  $T_{mr}=20s$ ; R=30% (em volume);  $P_{sat}=450±5,0kPa$ . Características do efluente industrial bruto: Turbidez: 1030uT; DQO: 1874mg/l; Temperatura: 21,0±1,0 °C.

### Velocidade de flotação = 25 cm/min



### Velocidade de flotação = 10 cm/min

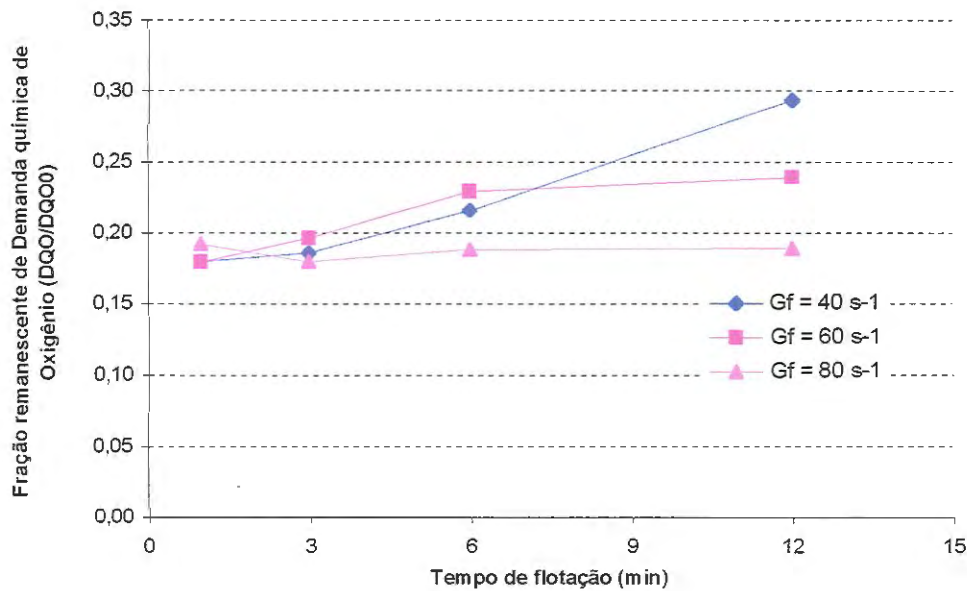


FIGURA 5.47 - Fração remanescente de DQO (DQO/DQO0) em função dos tempos de floculação para os gradientes médio de velocidade de floculação estudados, para velocidade de flotação de 10 cm/min e 25,0 cm/min..

Ensaio realizado com flotateste e efluente bruto, referente a terceira coleta, da indústria de laticínios. DCF=100mg/l; pH=6,5±0,1; Gmr=800s<sup>-1</sup>; Tmr=20s; R=30% (em volume); Psat=450±5,0kPa. Características do efluente industrial bruto: Turbidez: 1030uT; DQO: 1874mg/l; Temperatura: 21,0±1,0 °C.



TABELA 5.16 –Eficiência de remoção de turbidez referente aos valores de tempo de floculação (Tf) e de gradiente médio de velocidade de floculação investigados em diferentes velocidades de flotação, com aplicação de cloreto férrico.

Tf (min)	Gf (s <sup>-1</sup> )	Eficiência de Remoção de Turbidez (%)				
		Velocidade de flotação (cm/min)				
		5,0	10,0	15,0	20,0	25,0
1	40	>99	>99	>99	99	98
	60	>99	>99	>99	>99	99
	80	>99	>99	>99	>99	98
3	40	>99	>99	>99	>99	99
	60	99	99	99	99	99
	80	>99	>99	>99	98	98
6	40	98	98	98	98	98
	60	97	97	97	97	97
	80	>99	>99	>99	>99	99
12	40	93	93	92	91	90
	60	97	97	97	97	97
	80	>99	>99	>99	99	94

Ensaio realizado com flotatestes e efluente bruto, referente a terceira coleta, da indústria de laticínios.

DCF=100mg/l; pH=6,5±0,1; Gmr=800s<sup>-1</sup>; Tmr=20s; R=30% (em volume); Psat=450±5,0kPa. Características do efluente industrial bruto: Turbidez: 1030uT; DQO: 1874mg/l; Temperatura: 21,0±1,0 °C.

TABELA 5.17 –Eficiência teórica de remoção de DQO referente aos valores de tempo de floculação (Tf) e de gradiente médio de floculação investigados para a velocidade de flotação de 10,0 cm/min e 25,0 cm/min, com aplicação de cloreto férrico.

Velocidade de Flotação		10,0 cm/min		25,0 cm/min	
Gf (s <sup>-1</sup> )	Tf (min)	DQO (mg/l)	DQO (%)	DQO (mg/l)	DQO (%)
		Remanescente	Eficiência	Remanescente	Eficiência
40	1	337	82	423	77
	3	348	82	395	79
	6	404	81	417	78
	12	550	81	352	81
60	1	335	80	372	80
	3	368	82	407	78
	6	429	78	420	78
	12	449	77	449	76
80	1	360	81	372	80
	3	337	71	654	65
	6	352	76	463	75
	12	354	81	564	70

Ensaios realizados com flotatestes e efluente bruto, referente a terceira coleta, da indústria de laticínios.

DCF=100mg/l; pH=6,5±0,1; Gmr=800s<sup>-1</sup>; Tmr=20s; R=30% (em volume); Psat=450±5,0kPa. Características do efluente industrial bruto: Turbidez: 1030uT; DQO: 1874mg/l; Temperatura: 21,0±1,0 °C.

Portanto, para esta segunda etapa, os valores obtidos dos parâmetros avaliados para as condições mais adequadas de floculação foram: Gf = 60 s<sup>-1</sup>; Tf = 1 minuto. Os outros parâmetros permaneceram fixados em: DCF = 100 mg/l e pH de coag. = 6,5 ± 0,1 (obtidos na primeira etapa); Gmr = 800 s<sup>-1</sup>; Tmr = 20 s; Psat = 450±5,0 kPa; R = 30% (em volume); Vf<sub>1</sub> = 5,0 cm/min; Vf<sub>2</sub> = 10,0 cm/min; Vf<sub>3</sub> = 15,0 cm/min; Vf<sub>4</sub> = 20,0 cm/min; Vf<sub>5</sub> = 25,0 cm/min e Temperatura da amostra = 21,0±1,0 °C.

TERCEIRA ETAPA: variação da quantidade de ar fornecida ao sistema utilizando o flotateste e com aplicação de cloreto férrico como coagulante

Na Figura 5.48 são apresentados os valores da razão entre a turbidez da amostra tratada e a turbidez do efluente industrial bruto, em função da velocidade de flotação para pressão de saturação ( $P_{sat}$ ) de  $450 \pm 5,0$  kPa e frações de recirculação (R) de 20%, 30%, 40%, 50%, 60% e 70% (em volume). Os demais parâmetros operacionais foram mantidos fixos: dosagem de cloreto férrico (DCF) = 100 mg/l e pH de coagulação =  $6,5 \pm 0,1$ , ambos obtidos e julgados mais adequados na primeira etapa de estudos;  $T_f = 1$  min e  $G_f = 60 \text{ s}^{-1}$  ambos obtidos e julgados mais adequados na segunda etapa de estudos;  $T_{mr} = 20$ s;  $G_{mr} = 800 \text{ s}^{-1}$  e Temperatura da amostra:  $21,0 \pm 1,0$  °C Nas Tabelas 5.18 e 5.19, também referente aos mesmos ensaios, estão apresentados os valores de eficiência de remoção de turbidez e DQO, para cada situação investigada, calculados com base nas curvas de flotação apresentadas na Figura 5.48. As Figuras 5.49 e 5.50, apresentam as curvas de remoção de DQO em função das frações de recirculação estudadas para as velocidades de flotação de 10,0 cm/min e 25,0 cm/min, respectivamente.

Os dados de monitoramento referente à turbidez, cor aparente e DQO, obtidos nos ensaios de flotação da terceira etapa, estão apresentados nas planilhas E.11 e E.12, Anexo E.

Analisando as curvas da Figura 5.48 e os dados da Tabela 5.18, observa-se que para os valores de R (40%, 60% e 70%), apresentaram eficiências de remoção de turbidez por flotação idênticas nas velocidades estudadas (>99% para  $V_{flot}$  de 5,0, 10,0, 15,0 cm/min e 99% para  $V_{flot}$  de 20,0 e 25,0 cm/min). Dentre esses valores de R comentados anteriormente, o de 60% forneceu resultados ligeiramente melhores que os demais, embora próximos. Os valores de R = 20% e 30% apresentaram bons resultados (>99% à  $V_{flot} = 5,0$  e 10,0 cm/min e mínima de 94% à  $V_{flot} = 20,0$  cm/min, para R = 30%), porém inferiores aos comentados anteriormente. Para R=50% a eficiência de remoção de turbidez foi sensivelmente pior para todas as velocidades de flotação estudadas.

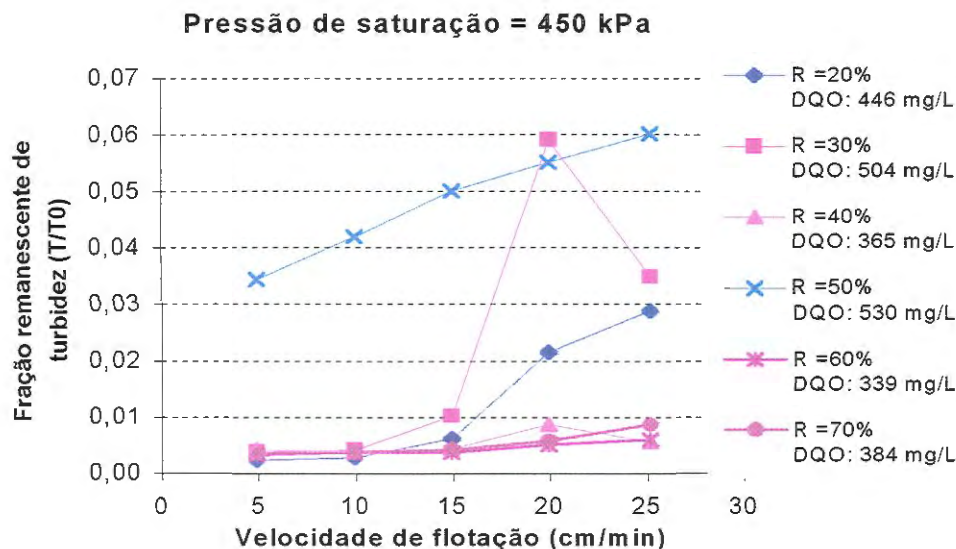


FIGURA 5.48 – Fração remanescente de turbidez (T/T0) em função da velocidade de flotação para diferentes valores de quantidade de ar fornecida, com aplicação de cloreto férrico.

Ensaios realizados com flotateste e efluente bruto, referente a terceira coleta, da indústria de laticínios.

DCF=100mg/l; pH=6,5±0,1; Gmr=800s<sup>-1</sup>; Tmr=20s; Gf=60s<sup>-1</sup>; Tf=1min; Psat=450±5,0kPa. Características do efluente industrial bruto: Turbidez: 1030uT; DQO: 1874mg/l; Temperatura: 21,0±1,0 °C.

TABELA 5.18 –Eficiência de remoção de turbidez referente aos valores de fração de recirculação investigados em diferentes velocidades de flotação, com aplicação de cloreto férrico.

Fração de recirculação (% em volume)	Quantidade de ar fornecida (g/m <sup>3</sup> )	Relação ar e sólidos suspensos (A/S)	Eficiência de Remoção de Turbidez (%)				
20%	19,0	0,024	>99	>99	99	98	97
30%	28,5	0,036	>99	>99	99	94	97
40%	38,0	0,047	>99	>99	>99	99	99
50%	47,5	0,053	97	96	95	94	94
60%	56,8	0,071	>99	>99	>99	99	99
70%	66,3	0,083	>99	>99	>99	99	99

(\*) Ensaios realizados com flotateste e efluente bruto, referente a terceira coleta, da indústria de laticínios.

DCF=100mg/l; pH=6,5±0,1; Gmr=800s<sup>-1</sup>; Tmr=20s; Gf=60s<sup>-1</sup>; Tf=1min; Psat=450±5,0kPa. Características do efluente industrial bruto: Turbidez: 1030uT; DQO: 1874mg/l; Temperatura: 21,0±1,0 °C; Volume de coag.: 1,5 l;

C<sub>ar, 22oC</sub> = 101,25; SST<sub>cg</sub> = 853 mg/l.

A Tabela 5.19 e as Figuras 5.49 e 5.50, apresentam os resultados de remoção de DQO não filtrada para as velocidades de flotação de 10,0 cm/min e 25,0 cm/min. Para a velocidade de flotação de 10,0 cm/min, os valores de R=20%, 40% e 60% apresentaram eficiências de remoção iguais à 81%, tal que para o valor de R=60% a DQO residual foi ligeiramente melhor (350 mg/l). À velocidade de flotação de 25,0 cm/min, os valores de R= 40%, 60% e 70%, não apresentaram diferenças significativas de remoção (81%, 82% e 79% respectivamente), sendo que R = 60% forneceu o menor valor de DQO residual (339 mg/l), para as duas velocidades de flotação estudadas, 10,0 cm/min e 25,0 cm/min.

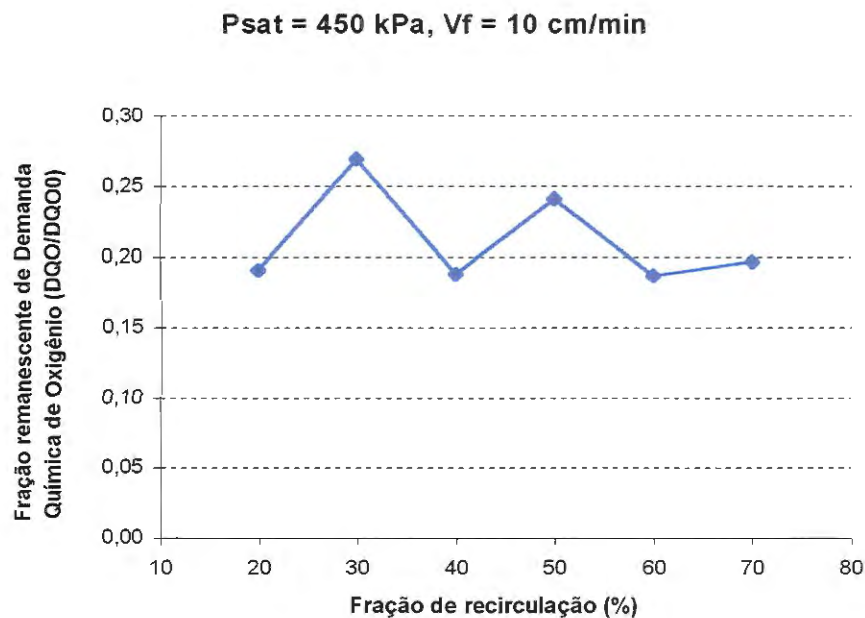


FIGURA 5.49 – Fração remanescente de DQO para velocidade de flotação de 10,0 cm/min, em função de diferentes valores de quantidade de ar fornecida, com aplicação de cloreto férrico.

Ensaio realizado com flotateste e efluente bruto, referente a terceira coleta, da indústria de laticínios.

DCF=100mg/l; pH=6,5±0,1; Gmr=800s<sup>-1</sup>; Tmr=20s;; Gf=60s<sup>-1</sup>; Tf=1min; Psat=450±5,0kPa.

Características do efluente industrial bruto: Turbidez: 1030uT; DQO: 1874mg/l; Temperatura: 21,0±1,0 °C.

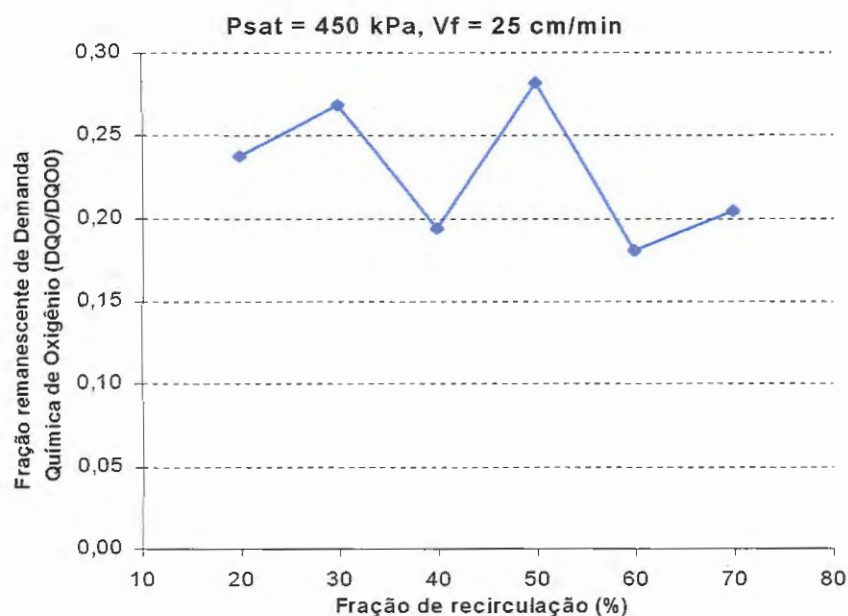


FIGURA 5.50 – Fração remanescente de DQO para velocidade de flotação de 25,0 cm/min, em função de diferentes valores de quantidade de ar fornecida, com aplicação de cloreto férrico.

Ensaios realizados com flotateste e efluente bruto, referente a terceira coleta, da indústria de laticínios.

DCF=100mg/l; pH=6,5±0,1; Gmr=800s<sup>-1</sup>; Tmr=20s; Gf=60s<sup>-1</sup>; Tf=1min; Psat=450±5,0kPa. Características do efluente industrial bruto: Turbidez: 1030uT; DQO: 1874mg/l; Temperatura: 21,0±1,0 °C.

TABELA 5.19 – Eficiência de remoção de DQO referente aos valores de fração de recirculação investigados para velocidades de flotação de 10,0 cm/min e 25,0 cm/min, com aplicação de cloreto férrico. (\*)

Fração de recirculação (% em volume)	Quantidade de ar fornecida (g/m <sup>3</sup> )	Relação ar e sólidos suspensos (A/S)	Velocidade de Flotação			
			10 cm/min		25 cm/min	
			DQO (mg/l) Reman.	DQO (%) Eficiência	DQO (mg/l) Reman.	DQO (%) Eficiência
20%	19,0	0,024	358	81	446	76
30%	28,5	0,036	504	73	504	73
40%	38,0	0,047	353	81	365	81
50%	47,5	0,053	452	76	530	72
60%	56,8	0,071	350	81	339	82
70%	66,3	0,083	369	80	384	79

Portanto, para esta terceira etapa, o valor obtido referente a quantidade de ar fornecida para a flotação do efluente analisado foi  $R = 40\%$ . Os outros parâmetros permaneceram fixados em: DCF = 100 mg/l e pH de coag. =  $6,5 \pm 0,1$  (obtidos na primeira etapa);  $G_f = 60 \text{ s}^{-1}$ ;  $T_f = 1$  minuto (obtidos na segunda etapa);  $G_{mr} = 800 \text{ s}^{-1}$ ;  $T_{mr} = 20 \text{ s}$ ;  $P_{sat} = 450 \pm 5,0 \text{ kPa}$ ;  $V_{f_1} = 5,0 \text{ cm/min}$ ;  $V_{f_2} = 10,0 \text{ cm/min}$ ;  $V_{f_3} = 15,0 \text{ cm/min}$ ;  $V_{f_4} = 20,0 \text{ cm/min}$ ;  $V_{f_5} = 25,0 \text{ cm/min}$ . e Temperatura:  $21,0 \pm 1,0 \text{ }^\circ\text{C}$ .

Após a realização de todos os ensaios de tratabilidade para o efluente industrial da indústria de laticínios referente a terceira coleta, a Tabela 5.20 apresenta os resultados obtidos dos parâmetros analisados julgados mais adequados.

TABELA 5.20 – Parâmetros estudados julgados mais adequados referente a terceira coleta da indústria de laticínios.

<b>TERCEIRA COLETA – INDÚSTRIA DE LATICÍNIOS</b>	
<b>Parâmetros</b>	<b>Resultados</b>
Dosagem de Clotreto Férrico	100 mg/l
pH	$6,5 \pm 0,1$
Gmr	$800 \text{ s}^{-1}$
Tmr	20 s
Psat	$450 \pm 5,0 \text{ kPa}$
Gf	$60 \text{ s}^{-1}$
Tf	1 minuto
Fração de Recirculação	40%
A/S	0,047

Ensaio realizado com flotatestes e efluente bruto, referente a terceira coleta, da indústria de laticínios.

DCF = 100mg/l; pH =  $6,5 \pm 0,1$ ;  $G_{mr} = 800 \text{ s}^{-1}$ ;  $T_{mr} = 20 \text{ s}$ ;  $G_f = 60 \text{ s}^{-1}$ ;  $T_f = 1 \text{ min}$ ;  $P_{sat} = 450 \pm 5,0 \text{ kPa}$ .  
 Características do efluente industrial bruto: Turbidez: 1030 uT; DQO: 1874 mg/l; Temperatura:  $21,0 \pm 1,0 \text{ }^\circ\text{C}$ .; Volume de coag.: 1,5 l;  $C_{ar, 22^\circ\text{C}} = 101,25$ ;  $SST_{eg} = 853 \text{ mg/l}$ .

## 5.1.2 Resultados da Caracterização do Efluente após Tratamento Físico-Químico por Flotação

A seguir são apresentados e discutidos os resultados pertinentes à fase conclusiva do trabalho referente à caracterização dos efluentes coletados nas indústrias estudadas, na indústria de conservas alimentícias, CIRIO BRASIL ALIMENTOS, e na indústria de laticínios, COLASCRIC, obtidos a partir dos ensaios otimizados de tratabilidade por flotação com aplicação de cloreto férrico como coagulante.

Após a realização dos ensaios de tratabilidade, outra coleta de 24 horas foi feita nas indústrias, para obtenção de uma amostra composta nas condições que apresentaram melhor eficiência. A partir dessa amostra composta foi realizada uma caracterização complementar para o efluente bruto e clarificado, para o coagulante ( $\text{FeCl}_3$  comercial) e para a barrilha utilizados no tratamento físico-químico por flotação. Para a caracterização dos efluentes das três coletas referente às duas campanhas, foram realizadas as seguintes determinações: Sólidos: ST, STF, STV, SST, SSF, SSV, SDT, SDF, SDV, SS; DQO não Filtrada, DQO Filtrada; Nitrogênio Orgânico, Nitrogênio Amoniacal; Minerais: Zn, Cd, Fe, Mn, Cu, Cr, Al, Ca, Mg, S, K e P.

Primeira Coleta – Indústria de Conservas Alimentícias

**Data: 08 e 09 de setembro/1998**

A Tabela 5.21 permite avaliar a constituição de matéria “sólida” presente no efluente e o desempenho do ensaio de tratabilidade por flotação por ar dissolvido com aplicação de cloreto férrico, nas condições mais adequadas ao efluente estudado na primeira coleta.

A análise de sólidos para a amostra analisada, revelou que 70% do efluente bruto é composto de sólidos totais voláteis, ou seja, matéria orgânica, e os 30% restantes por sólidos totais fixos (minerais e material inerte), portanto passível de tratamento biológico. A indústria, utiliza o filtro anaeróbio de fluxo ascendente como tratamento secundário.

Apesar de as concentrações de sólidos dissolvidos totais e sólidos suspensos totais serem equivalentes (54% e 46%), o IVL - Índice Volumétrico de Lodo – para o efluente bruto, indicou má sedimentação do lodo (382 ml/g), sendo assim, a flotação pode vir a ser um processo adequado às características do efluente. Em escala real, a indústria adotou o



sistema de flotação por ar dissolvido como tratamento primário em seu sistema de tratamento de efluentes industriais.

Em relação as análises de DQO, os dados fornecidos pelos valores de DQO filtrada em relação à bruta, indicaram que 57% da remoção refere-se às substâncias dissolvidas no efluente bruto, portanto a remoção máxima de DQO bruta devido à sólidos suspensos seria de 43%, considerando que a DQO “dissolvida” não é removida na FAD com cloreto férrico.

Com a adição de cloreto férrico e barrilha, o efluente clarificado teve aumento significativo no teor de sólidos totais (23%), com incremento maior sobre os sólidos totais voláteis (48%), em relação ao efluente bruto.

Comparando-se a eficiência de remoção do processo de flotação por ar dissolvido entre o efluente bruto e o clarificado, em termos de sólidos suspensos totais, houve remoção de 70%, sendo 17% em relação aos sólidos suspensos fixos e 53% para os sólidos suspensos voláteis. A eficiência de remoção para a DQO não filtrada foi de 37%, e para a DQO filtrada 11,6%. Entre os dados fornecidos pelos valores de DQO, filtrada e não filtrada do efluente bruto e clarificado, a remoção de DQO devida a SST (DQO particulada) foi de 71%.

TABELA 5.21 – Teor de sólidos e demanda química de oxigênio (DQO), referentes à primeira coleta, para indústria de conservas alimentícias.

Ensaio realizado com flotatestes e efluente bruto, referente à primeira coleta, da indústria de conservas alimentícias. DCF=120 mg/l; pH= 6,5±0,15; Gf=40s<sup>-1</sup>; Tf=12 min; Gmr=800s<sup>-1</sup>; Tmr=20s; R=15%; P<sub>sat</sub>=450±5,0kPa. Características do efluente industrial bruto: Turbidez: 337uT; DQO: 918mg/l; Cor aparente: 4320uC; Temperatura: 20,5±1,0 °C.

Efluente	ST (mg/l)	STF (mg/l)	STV (mg/l)	SST (mg/l)	SSF (mg/l)	SSV (mg/l)	SS (ml/l)	DQO (mg/l)	DQOf (mg/l)
Bruto	723	154	569	327	100	227	125	918	524
Coagulado	1430	424	1006	408	142	266	-	-	-
Clarificado	889	43	846	98	45	53	-	576	463

ST Sólidos Totais; STF: Sólidos Totais Fixos; STV: Sólidos Totais Voláteis; SS: Sólidos Sedimentáveis;

SST: Sólidos Suspensos Totais; SSF: Sólidos Suspensos Fixos; SSV: Sólidos Suspensos Voláteis;

DQO: Demanda Química de Oxigênio não Filtrada; DQOf: Demanda Química de Oxigênio Filtrada.

(-) Caracterização não realizada.

A Tabela 5.22 apresenta concentrações de alguns nutrientes presentes no efluente e a influência em termos de redução desses elementos, após o ensaio de tratabilidade por flotação por ar dissolvido com aplicação de cloreto férrico, nas condições mais adequadas.

No que se refere ao nitrogênio orgânico, observa-se uma redução de 32,8% entre o nitrogênio presente no efluente bruto (34,68 mg/l) e no efluente clarificado (23,28 mg/l). Quanto ao nitrogênio amoniacal, a redução foi menor, comparada ao nitrogênio orgânico, de 5,6% após o tratamento (residual de 5,9 mg/l no efluente clarificado). O cálcio apresentou redução de 31,4% apresentando residual de 5,9 mg/l, enquanto o magnésio e fósforo reduziram em 17,5% aproximadamente e o potássio em 10,5% (residual de 6,46 mg de Mg/l, 7,05 mg de P/l e 55,15 mg de K/l). O enxofre foi que apresentou menor redução, abaixo de 5% (residual de 15,18 mg/l). Portanto, de acordo com os resultados obtidos, há fortes indicativos de que o processo de flotação não provocou reduções significativas em termos de nutrientes.

TABELA 5.22 – Teor de Nitrogênio orgânico (Norg.), Nitrogênio amoniacal (Namon), cálcio (Ca), magnésio (Mg), fósforo (P), potássio (K), e enxofre (S), referentes à primeira coleta realizada na indústria de conservas alimentícias.

Ensaio realizado com flotatestes e efluente bruto, referente à primeira coleta, da indústria de conservas alimentícias. DCF=120 mg/l; pH= 6,5±0,15; Gf=40s<sup>-1</sup>; Tf=12 min; Gmr=800s<sup>-1</sup>; Tmr=20s; R=15%; Psat=450±5,0kPa. Características do efluente industrial bruto: Turbidez: 337uT; DQO: 918mg/l; Cor aparente: 4320uC; Temperatura: 20,5±1,0 °C.

<b>Efluente</b>	<b>Norg.</b> <b>(mg/l)</b>	<b>Namon</b> <b>(mg/l)</b>	<b>Ca</b> <b>(mg/l)</b>	<b>Mg</b> <b>(mg/l)</b>	<b>P</b> <b>(mg/l)</b>	<b>K</b> <b>(mg/l)</b>	<b>S</b> <b>(mg/l)</b>
Bruto	34,68	6,25	12,83	7,84	8,55	61,6	15,9
Clarificado	23,28	5,9	8,8	6,46	7,05	55,15	15,18

Norg: Nitrogênio Orgânico; Namon: Nitrogênio Amoniacal.

(-) Caracterização não realizada.

A Tabela 5.23 apresenta as concentrações de alguns dos minerais quantificados no efluente bruto e com base nos dados obtidos no efluente clarificado, permite avaliar a influência do processo de flotação por ar dissolvido com aplicação de cloreto férrico nas condições mais adequadas.

A amostra clarificada apresentou reduções de 40,9% para o cobre, 22,2% de manganês e 71,8% para o alumínio em relação ao efluente bruto, com residuais de 0,13 mg de Cu/l, 0,14 mg de Mn/l e 2,44 mg de Al/l. Observou-se ligeiro aumento (23,5%) da concentração de zinco na amostra clarificada em relação ao efluente bruto. Esse acréscimo pode ser procedente do zinco presente na barrilha (1000mg/kg), adicionada durante os ensaios de tratabilidade para ajuste do pH, como observado na Tabela 5.24. A concentração elevada de ferro observada no efluente clarificado em relação ao efluente bruto (residual de 32,25 mg/l), também pode ser procedente da barrilha (262 mg/kg) e mais provavelmente do coagulante FeCl<sub>3</sub> (16363 mg Fe/kg). (vide Tabela 5.24)

Não foi observada presença de cádmio e cromo no efluente bruto e na amostra clarificada.

TABELA 5.23 – Teor de cobre (Cu), zinco (Zn), manganês (Mn), ferro (Fe), cromo (Cr), alumínio (Al), cádmio (Cd), referentes à primeira coleta, realizada na indústria de conservas alimentícias.

Ensaio realizado com flotatestes e efluente bruto, referente à primeira coleta, da indústria de conservas alimentícias. DCF=120 mg/l; pH= 6,5±0,15; Gf=40s<sup>-1</sup>; Tf=12 min; Gmr=800s<sup>-1</sup>; Tmr=20s; R=15%; P<sub>sat</sub>=450kPa. Características do efluente industrial bruto: Turbidez: 337uT; DQO: 918mg/l; Cor aparente: 4320uC; Temperatura: 20,5±1,0 °C.

Efluente	Cu (mg/l)	Zn (mg/l)	Mn (mg/l)	Fe (mg/l)	Cr (mg/l)	Al (mg/l)	Cd (µg/l)
Bruto	0,22	0,17	0,18	9,68	*	8,64	*
Clarificado	0,13	0,21	0,14	32,25	*	2,44	*

(\*) Não detectado com aparelho utilizado.

A Tabela 5.24 apresenta as concentrações de alguns dos minerais quantificados para a barrilha e para o coagulante (FeCl<sub>3</sub>), utilizados durante o ensaio de tratabilidade por flotação por ar dissolvido, nas condições mais adequadas. Os dados obtidos nessa Tabela serão consultados, conforme a necessidade em se justificar a presença de algum elemento não esperado ou concentrações incongruentes nas amostras clarificadas.

TABELA 5.24 – Teor de cálcio (Ca), magnésio (Mg), fósforo (P), potássio (K), enxofre (S), cobre (Cu), zinco (Zn), manganês (Mn), ferro (Fe), cromo (Cr), alumínio (Al), cádmio (Cd), do cloreto férrico e da barrilha, utilizados nos ensaios de tratabilidade por flotação durante as coletas.

Amostra	Ca mg/kg	Mg mg/kg	P mg/kg	K mg/kg	S mg/kg	Cu mg/kg	Zn mg/kg	Mn mg/kg	Fe mg/kg	Cr mg/kg	Al mg/kg	Cd µg/kg
Barrilha (25%)	*	208	576	*	137,6	8	1000	1000	262	12,4	634,4	731,2
FeCl <sub>3</sub> (39%)	*	6,3	31,1	*	*	*	*	13,6	16363	0,7	57,5	3,3

Amostra	Ca mg/l	Mg mg/l	P mg/l	K mg/l	S mg/l	Cu mg/l	Zn mg/l	Mn mg/l	Fe mg/l	Cr mg/l	Al mg/l	Cd µg/l
Barrilha (25%)	*	52	143,9	*	34,4	2	2,5	2,5	65,5	3,1	158,6	182,8
FeCl <sub>3</sub> (39%)	*	3,5	17,1	*	*	*	*	7,5	9000	0,4	31,7	1,8

(\*) Não detectado com aparelho utilizado.

#### Segunda Coleta – Indústria de Conservas Alimentícias

**Data: 13 e 14 de outubro/1998**

A Tabela 5.25 permite avaliar a constituição de matéria sólida presente no efluente e o desempenho do ensaio de tratabilidade por flotação por ar dissolvido com aplicação de cloreto férrico, nas condições mais adequadas ao efluente estudado na segunda coleta. A análise de sólidos para a amostra analisada revelou que, 76% do efluente bruto é composto de sólidos totais voláteis, ou seja, matéria orgânica, e os 24% restantes por sólidos totais fixos (minerais e material inerte), portanto passível de tratamento biológico. A indústria, utiliza o filtro anaeróbio de fluxo ascendente como tratamento secundário.

Apesar de as concentrações de sólidos dissolvidos totais e sólidos suspensos totais serem equivalentes (55% e 45%), o IVL - Índice Volumétrico de Lodo – para o efluente bruto, indicou má sedimentação do lodo (654 ml/g), sendo assim, a flotação pode vir a ser um processo adequado às características do efluente. Em escala real, a indústria adotou o sistema de flotação por ar dissolvido como tratamento primário em seu sistema de tratamento de efluentes industriais.

Em relação as análises de DQO, os dados fornecidos pelos valores de DQO filtrada em relação à bruta, indicam que 76% da remoção refere-se às substâncias dissolvidas no efluente bruto, portanto a remoção máxima de DQO bruta devido à sólidos suspensos é de 24%, considerando que a DQO “dissolvida” não é removida na FAD com cloreto férrico.

Comparando-se a eficiência de remoção do processo de flotação por ar dissolvido entre o efluente bruto e o clarificado, em termos de sólidos suspensos totais, houve remoção superior a 95% (residual de 11 mg/l), sendo 100% em relação aos sólidos suspensos fixos e 95% para os sólidos suspensos voláteis (residual de 11 mg/l). A eficiência de remoção para a DQO não filtrada foi de 37%, e para a DQO filtrada 21%. Entre os dados fornecidos pelos valores de DQO, filtrada e não filtrada do efluente bruto e clarificado, a remoção de DQO devida a SST (DQO particulada) foi de 88%.

TABELA 5.25 – Teor de sólidos e demanda química de oxigênio (DQO), referentes à segunda coleta, para indústria de conservas alimentícias.

Ensaio realizado com flotateste e efluente bruto, referente à segunda coleta, da indústria de conservas alimentícias. DCF = 180mg/l; pH = 6,0±0,2; Gmr = 800s<sup>-1</sup>; Tmr = 20s; Gf = 40s<sup>-1</sup>; Tf = 12min; R = 15% (em volume); Psat = 450kPa. Características do efluente industrial bruto: Turbidez: 296uT; DQO: 739mg/l; Cor aparente: 2360uC; Temperatura: 21,5±1,0 °C.

Efluente	ST (mg/l)	STF (mg/l)	STV (mg/l)	SST (mg/l)	SSF (mg/l)	SSV (mg/l)	SS (ml/l)	DQO (mg/l)	DQOf (mg/l)
Bruto	678	-	-	306	81	225	200	739	562
Coagulado	1089	-	-	480	184	296	-	933	501
Clarificado	612	-	-	11	*	11	-	464	443

ST Sólidos Totais; STF: Sólidos Totais Fixos; STV: Sólidos Totais Voláteis; SS: Sólidos Sedimentáveis;

SST: Sólidos Suspensos Totais; SSF: Sólidos Suspensos Fixos; SSV: Sólidos Suspensos Voláteis;

DQO: Demanda Química de Oxigênio não Filtrada; DQOf: Demanda Química de Oxigênio Filtrada.

(-) Caracterização não realizada.

(\*) Não detectado com aparelho utilizado.

A Tabela 5.26 quantifica alguns nutrientes presentes no efluente e a influência em termos de redução desses elementos, após o ensaio de tratabilidade por flotação por ar dissolvido com aplicação de cloreto férrico, nas condições mais adequadas, para a segunda coleta.

No que se refere ao nitrogênio orgânico, observa-se uma redução de 68,6% entre o nitrogênio presente no efluente bruto (56,26 mg/l) e no efluente clarificado (17,67 mg/l). Quanto ao nitrogênio amoniacal, a redução foi significativa após o tratamento, de 51,8% (residual de 2,68 mg/l no efluente clarificado). Em relação ao Ca, P e Mg pode-se considerar que as concentrações mantiveram-se constantes, pois o método de análise não interpreta as diferenças apresentadas como significante (residual de 5,5 mg de Ca/l, 4,0 mg de Mg/l e 1,02 mg P/l). O enxofre apresentou redução superior a 60% com residual de 6,42 mg/l e o potássio apresentou redução de 59% (residual de 16,55 mg/l). Portanto, de acordo com os resultados obtidos, há fortes indicativos de que o processo de flotação provocou reduções significativas, acima de 50%, para nitrogênio amoniacal, nitrogênio orgânico, K, e S.

TABELA 5.26 – Teor de Nitrogênio orgânico (Norg.), Nitrogênio amoniacal (Namon), cálcio (Ca), magnésio (Mg), fósforo (P), potássio (K), e enxofre (S), referentes à segunda coleta realizada na indústria de conservas alimentícias.

Ensaio realizado com flotatestes e efluente bruto, referente à segunda coleta, da indústria de conservas alimentícias. DCF = 180mg/l; pH = 6,0±0,2; Gmr = 800s<sup>-1</sup>; Tmr = 20s; Gf = 40s<sup>-1</sup>; Tf = 12min; R = 15% (em volume); Psat = 450kPa. Características do efluente industrial bruto: Turbidez: 296uT; DQO: 739mg/l; Cor aparente: 2360uC; Temperatura: 21,5±1,0 °C.

Efluente	Norg. (mg/l)	Namon (mg/l)	Ca (mg/l)	Mg (mg/l)	P (mg/l)	K (mg/l)	S (mg/l)
Bruto	56,26	5,56	4,5	6	1,02	40,4	17,17
Coagulado	-	-	5	6	5,47	8,6	5,55
Clarificado	17,67	2,68	5,5	4	1,02	16,55	6,42

Norg: Nitrogênio Orgânico; Namon: Nitrogênio Amoniacal.

(-) Caracterização não realizada.



A Tabela 5.27 apresenta alguns dos minerais quantificados no efluente bruto e com base nos dados obtidos no efluente clarificado, permite avaliar a influência do processo de flotação por ar dissolvido com aplicação de cloreto férrico nas condições mais adequadas, para a segunda coleta

O efluente bruto apresentou reduções de 93,8% para o ferro e 80,8% para o alumínio em relação a amostra clarificada, apresentando residuais de 1,0 mg de Fe/l, e 2,9 mg de Al/l. Em relação ao cromo pode-se considerar que a concentração permaneceu constante, pois o método de análise não interpreta a diferença apresentada como sendo representativa. Observou-se um aumento superior a 100% da concentração de cádmio na amostra clarificada (residual de 1,2 µg Cd/l) em relação ao efluente bruto. Esse acréscimo pode ter sido potencializado pela presença do elemento na barrilha (731,2 µg Cd/kg), adicionada durante os ensaios de tratabilidade para ajuste do pH, como observado na Tabela 5.24. Não foi observada presença de cobre, zinco e manganês, no efluente bruto e na amostra clarificada para a segunda coleta.

TABELA 5.27 – Teor de cobre (Cu), zinco (Zn), manganês (Mn), ferro (Fe), cromo (Cr), alumínio (Al), cádmio (Cd), referentes à segunda coleta, realizada na indústria de conservas alimentícias.

Ensaio realizados com flotatestes e efluente bruto, referente à segunda coleta, da indústria de conservas alimentícias. DCF = 180mg/l; pH = 6,0±0,2; Gmr = 800s<sup>-1</sup>; Tmr = 20s; Gf = 40s<sup>-1</sup>; Tf = 12min; R = 15% (em volume); Psat = 450kPa. Características do efluente industrial bruto: Turbidez: 296uT; DQO: 739mg/l; Cor aparente: 2360uC; Temperatura: 21,5±1,0 °C.

Efluente	Cu (mg/l)	Zn (mg/l)	Mn (mg/l)	Fe (mg/l)	Cr (mg/l)	Al (mg/l)	Cd (µg/l)
Bruto	*	*	*	16	0,05	15,11	0,58
Coagulado	*	*	*	72	0,08	17,36	1,43
Clarificado	*	*	*	1	0,04	2,9	1,20

(\*) Não detectado com aparelho utilizado.

**Data: 01 de dezembro/1998**

A Tabela 5.28 permite avaliar a constituição de matéria sólida presente no efluente e o desempenho do ensaio de tratabilidade por flotação por ar dissolvido com aplicação de cloreto férrico, nas condições mais adequadas ao efluente estudado na terceira coleta.

Em função dos resultados obtidos da caracterização do efluente da indústria de laticínios (concentração elevada de matéria graxa), o tratamento físico aliado ao físico-químico seria o mais indicado.

De acordo com o dado fornecido por sólidos sedimentáveis (0 ml/l), o efluente não apresenta características de sedimentação, porém analisando-se os dados pertinentes aos sólidos suspensos totais, a eficiência de remoção foi de 98,2%. Portanto, pode-se indicar a flotação como um processo adequado às características do efluente. A indústria de laticínios, utiliza atualmente flotação por ar dissolvido como tratamento secundário. Os dados fornecidos pelos valores de DQO filtrada em relação à bruta, indicam que 31% da remoção refere-se às substâncias dissolvidas no efluente bruto, portanto a remoção máxima de DQO bruta devido à sólidos suspensos é de 69%, considerando que a DQO “dissolvida” não é removida na FAD com cloreto férrico.

Comparando-se a eficiência de remoção do processo de flotação por ar dissolvido entre o efluente bruto e o clarificado, em termos de DQO, a eficiência de remoção para a DQO não filtrada foi de 87%, e para a DQO filtrada 60%. Entre os dados fornecidos pelos valores de DQO, filtrada e não filtrada do efluente bruto e clarificado, a remoção de DQO devida a SST (DQO particulada) foi de 99%.

TABELA 5.28 – Teor de sólidos e demanda química de oxigênio (DQO), referentes à terceira coleta, para indústria de laticínios.

Efluente	ST (mg/l)	STF (mg/l)	STV (mg/l)	SST (mg/l)	SSF (mg/l)	SSV (mg/l)	SS (ml/l)	DQOp (mg/l)	DQOf (mg/l)
Bruto	2745	2687	58	629	-	-	0	1874	581
Coagulado	1584	1527	57	853	-	-	-	-	282
Clarificado	592	562	30	11	-	-	-	239	231

ST: Sólidos Totais; STF: Sólidos Totais Fixos; STV: Sólidos Totais Voláteis; SS: Sólidos Sedimentáveis;

SST: Sólidos Suspensos Totais; SSF: Sólidos Suspensos Fixos; SSV: Sólidos Suspensos Voláteis;

DQO: Demanda Química de Oxigênio não Filtrada; DQOf: Demanda Química de Oxigênio Filtrada.

(-) Caracterização não realizada.



A Tabela 5.29 quantifica alguns nutrientes presentes no efluente e a influência em termos de redução desses elementos, após o ensaio de tratabilidade por flotação por ar dissolvido com aplicação de cloreto férrico, nas condições mais adequadas ao efluente estudado na terceira coleta.

No que se refere ao nitrogênio orgânico, observa-se um aumento entre o nitrogênio presente no efluente bruto (12,82 mg/l) e no efluente clarificado (24,7 mg/l). Quanto ao nitrogênio amoniacal, houve uma redução de 63,5% após o tratamento, (residual de 1,2 mg/l no efluente clarificado). Em relação ao cálcio e magnésio, pode-se considerar que as concentrações mantiveram-se constantes, pois o método de análise não interpreta as diferenças apresentadas como significantes (residual de 7,0 mg Ca/l e 3,0 mg/ Mg/l). O fósforo manteve a mesma concentração 1,36 mg/l para o efluente bruto e amostra clarificada. O enxofre apresentou ligeiro aumento na concentração passando de 5,10 mg/l para 7,07 mg/l. Não foi observada presença de potássio, no efluente bruto e na amostra clarificada para a terceira coleta. Portanto, de acordo com os resultados obtidos, há fortes indicativos de que o processo de flotação provocou reduções apenas para o nitrogênio amoniacal, em termos de nutrientes.

TABELA 5.29 – Teor de Nitrogênio orgânico (Norg.), Nitrogênio amoniacal (Namon), cálcio (Ca), magnésio (Mg), fósforo (P), potássio (K), e enxofre (S), referentes à terceira coleta realizada na indústria de laticínios.

Ensaio realizado com flotatestes e efluente bruto, referente à terceira coleta, da indústria de laticínios. DCF=100mg/l; pH=6,5±0,1; Tf=1min; Gf=60s<sup>-1</sup>; Gmr=800s<sup>-1</sup>; Tmr=20s; R=30% (em volume); Psat=450kPa. Características do efluente da indústria bruto: Turbidez: 1030uT; DQO: 1874mg/l; Temperatura: 21,0±1,0 °C.

Efluente	Norg. (mg/l)	Namon (mg/l)	Ca (mg/l)	Mg (mg/l)	P (mg/l)	K (mg/l)	S (mg/l)
Bruto	12,82	3,29	9	4	1,36	*	5,10
Coagulado	-	-	9	4	0,68	*	3,78
Clarificado	24,7	1,20	7	3	1,36	*	7,07

(-) Caracterização não realizada.

(\*) Não detectado com aparelho utilizado.

A Tabela 5.30 apresenta alguns minerais quantificados no efluente bruto e com base nos dados obtidos no efluente clarificado, permite avaliar a influência do processo de flotação por ar dissolvido com aplicação de cloreto férrico nas condições mais adequadas, para a terceira coleta.

O efluente bruto apresentou reduções de 17,3% para o alumínio em relação a amostra clarificada, apresentando residuais de 2,97 mg/l. Em relação ao ferro e cromo as concentrações mantiveram-se constantes (residuais de 1 mg Fe/l e 0,08 mg Cr/l). Não foi observada presença de cobre, zinco, manganês e cádmio, no efluente bruto e na amostra clarificada para a terceira coleta.

TABELA 5.30 – Teor de cobre (Cu), zinco (Zn), manganês (Mn), ferro (Fe), cromo (Cr), alumínio (Al), cádmio (Cd), referentes à terceira coleta realizada na indústria de laticínios.

Ensaio realizado com flotatestes e efluente bruto, referente à terceira coleta, da indústria de laticínios. DCF=100mg/l; pH=6,5±0,1; Tf=1min; Gf=60s<sup>-1</sup>; Gmr=800s<sup>-1</sup>; Tmr=20s; R=30% (em volume); Psat=450kPa. Características do efluente industrial bruto: Turbidez: 1030uT; DQO: 1874mg/l; Temperatura: 21,0±1,0 °C.

Efluente	Cu (mg/l)	Zn (mg/l)	Mn (mg/l)	Fe (mg/l)	Cr (mg/l)	Al (mg/l)	Cd (µg/l)
Bruto	*	*	*	1	0,08	3,59	*
Coagulado	*	*	*	27	0,09	3,98	*
Clarificado	*	*	*	1	0,08	2,97	*

(\*) Não detectado com aparelho utilizado.

### 5.1.3 Resultados dos Ensaios de Digestibilidade e Caracterização do Lodo Resultante do Tratamento Físico-Químico por Flotação

Nas Tabelas 5.31 à 5.35 são apresentados e discutidos os resultados pertinentes à fase conclusiva do trabalho referentes às análises físico-químicas e biológicas, bem como aos ensaios de digestibilidade, com o objetivo de determinar a composição química, bromatológica e a digestibilidade do lodo, produzido a partir dos estudos de tratabilidade por flotação com aplicação de cloreto férrico como coagulante.

Após a realização dos ensaios de tratabilidade, outra coleta de 24 horas foi feita nas indústrias, nas condições que apresentaram melhor eficiência, visando a obtenção de um volume de lodo adequado à realização das análises físico-químicas, biológicas e de digestibilidade. Para a caracterização do lodo obtido a partir das três coletas referente às duas campanhas, foram realizadas as seguintes determinações: Matéria Seca; Sólidos: ST, STF, STV, SST, SSF, SSV, SDT, SDF, SDV, SS; DQO não Filtrada, DQO Filtrada; Nitrogênio Orgânico, Nitrogênio Amoniacal, Proteína Bruta (PB); Fibra em Detergente Neutro (FDN) e Fibra em Detergente Ácido (FDA); Celulose e Lignina; Extrato Etéreo; Matéria Seca (MS); Cinza Insolúvel em Detergente Ácido (CIDA); Digestibilidade “in vitro” (DIV); Minerais: Zn, Cd, Fe, Mn, Cu, Cr, Al, Ca, Mg, S, K e P.

TABELA 5.31 – Teor de matéria seca e concentração de sólidos presentes no lodo, referentes às coletas realizadas na indústria de conservas alimentícias e indústria de laticínios.

Procedência (Lodo)	Matéria Seca (%)	Sólidos Totais (g/kg)	Sólidos Totais Fixos (g/kg)	Sólidos Totais Voláteis (g/kg)
Ind. Conservas <sup>1</sup>	1,03	13,82	3,73	10,10
Ind. Conservas <sup>2</sup>	1,28	12,92	6,15	6,76
Ind. Laticínios <sup>3</sup>	1,26	12,6	6,04	6,56

Os índices 1, 2 e 3 referem-se, respectivamente às: primeira coleta, segunda coleta e a terceira coleta.

De acordo com o método utilizado e a amostra analisada, o lodo apresentou baixo teor de matéria seca, porém processos de desidratação mecânica como filtros prensa e centrifugação, podem elevar a concentração de sólidos no lodo para a faixa de 25% a 40%, geralmente.

TABELA 5.32 – Digestibilidade “in vitro” da matéria seca (DIV), fibra em detergente neutro (FDN.), fibra em detergente ácido (FDA.), celulose, lignina, cinza insolúvel em detergente ácido (CIDA), extrato etéreo, de lodos provenientes das coletas realizadas na indústria de conservas alimentícias e na indústria de laticínios.

<b>Procedência (Lodo)</b>	<b>DIV (%)</b>	<b>FDN (%)</b>	<b>FDA (%)</b>	<b>Celulose (%)</b>	<b>Lignina (%)</b>	<b>CIDA (%)</b>	<b>Extrato Etéreo (%)</b>
Ind. Conservas <sup>1</sup>	48,91	31,36	24,06	15,83	3,21	5,03	3,01
Ind. Conservas <sup>2</sup>	39,68	23	18,2	3,4	3,22	39,68	2,71
Ind. Laticínios <sup>3</sup>	83,79	2,47	1,39	0	0	0	65,45

Os índices 1, 2 e 3 referem-se, respectivamente às: primeira coleta, segunda coleta e a terceira coleta.

OBS. Resultados em porcentagem de matéria seca.

De acordo com o método utilizado e a amostra analisada, o lodo proveniente da indústria de conservas, apresentou teores mais altos de FDN, FDA, Celulose, Lignina e CIDA, o que reflete em DIV menor. Por outro lado, o lodo de laticínios apresentou altos teores de Extrato Etéreo, porém a ausência de Fibras, Celulose, Lignina e CIDA, resultou em DIV maior. Com a desidratação mecânica e adição de outros produtos secos, como os alimentos volumosos, o lodo de laticínios provavelmente poderia se tornar fonte de energia para a dieta de bovinos

TABELA 5.33 – Proteína bruta (PB), nitrogênio orgânico (Norg.), cálcio (Ca), magnésio (Mg), fósforo (P), potássio (K), enxofre (S) de lodos provenientes das coletas realizadas na indústria de conservas alimentícias e na indústria de laticínios.

Procedência (Lodo)	PB (%)	Norg. (mg/kg)	Ca (mg/kg)	Mg (mg/kg)	P (mg/kg)	K (mg/kg)	S (mg/kg)
Ind. Conservas <sup>1</sup>	23,74	36041,3	4749,49	2643,48	9151,03	20.387,7	4349,7
Ind. Conservas <sup>2</sup>	20,64	30615,5	651,51	1326,95	6974,93	3832,93	*
Ind. Laticínios <sup>3</sup>	18,35	3,02	2378,21	3520,61	4648,48	1013,55	1911,11
<b>Recomendações<sup>a</sup></b>	-	-	1800	1000	2200	6500	1000
<b>Conc. máx. tolerável<sup>d</sup></b>	-	-	20.000	4000	10.000	30.000	4000

Os índices 1, 2 e 3 referem-se, respectivamente às: primeira coleta, segunda coleta e a terceira coleta.

(<sup>a</sup>) Fonte: National Research Council, 1984.

(-) Não há recomendação.

(\*) Não detectado com aparelho utilizado.

OBS. Resultados em porcentagem de matéria seca.

De acordo com o método utilizado e as amostras analisadas, os teores de PB e dos macro minerais, estão dentro de padrões desejáveis para produtos passíveis de serem utilizados na alimentação de bovinos e dessa forma podem servir como suplemento alimentar.

TABELA 5.34 – Teores de cromo (Cr), cobre (Cu), ferro (Fe), manganês (Mn) e zinco (Zn) de lodos provenientes das coletas realizadas na indústria de conservas alimentícias e na indústria de laticínios.

Procedência (Lodo)	Cu (mg/kg)	Zn (mg/kg)	Mn (mg/kg)	Fe (g/kg)	Cr (mg/kg)
Ind. Conservas <sup>1</sup>	435,10	*	295,90	0,75	30,54
Ind. Conservas <sup>2</sup>	368,72	138,13	200,13	156,63	28,44
Ind. Laticínios <sup>3</sup>	11,38	56,37	16,03	107,95	5,31
<b>Recomendações<sup>a</sup></b>	8	30	40	50	-
<b>Conc. máx. tolerável<sup>a</sup></b>	115	500	1000	1000	1000

Os índices 1, 2 e 3 referem-se, respectivamente às: primeira coleta, segunda coleta e a terceira coleta.

(<sup>a</sup>) Fonte: National Research Council, 1984.

(-) Não há recomendação.

(\*) Não detectado com aparelho utilizado.

OBS. Resultados calculados com base na matéria seca.

De acordo com o método utilizado, o material analisado apresentou teores relativamente altos de Cu, porém os demais minerais estão dentro de valores toleráveis em alimentos para bovinos.

TABELA 5.35 – Teores de cádmio (Cd) e alumínio (Al) de lodos provenientes das coletas realizadas na indústria de conservas alimentícias e na indústria de laticínios.

Procedência (Lodo)	Al (mg/kg)	Cd (µg/g)
Ind. Conservas <sup>1</sup>	6463,86	2,60
Ind. Conservas <sup>2</sup>	4678,56	353,49
Ind. Laticínios <sup>3</sup>	621,20	*
<b>Concentração máx. tolerável <sup>a</sup></b> <b>(ppm)</b>	<b>1000</b>	<b>0,05</b>

Os índices 1, 2 e 3 referem-se, respectivamente às: primeira coleta, segunda coleta e a terceira coleta

(<sup>a</sup>) Fonte: National Research Council, 1984.

(\*) Não detectado com aparelho utilizado.

OBS. Resultados calculados com base na matéria seca.

Teores muito altos de Al e a grande variação observada nos teores de Cd, recomendam cautela no uso destes produtos na alimentação de bovinos.

Dependendo da composição da mistura para a produção da ração, esse resíduo é passível de ser incorporado, pois a adição de alimentos concentrados e volumosos, sempre em maiores proporções, tomaria a concentração dentro do tolerável, desde que não apresente elementos como o Cd, Hg, Pb.

TABELA 5.36 – Teor de cálcio (Ca), magnésio (Mg), fósforo (P), potássio (K), enxofre (S), cobre (Cu), zinco (Zn), manganês (Mn), ferro (Fe), cromo (Cr), alumínio (Al), cádmio (Cd), presente nas amostras coaguladas da indústria de conservas alimentícias e indústria de laticínios, proveniente do cloreto férrico e da barrilha, utilizados nos ensaios de tratabilidade por flotação.

Nutrientes	Ind. Conservas <sup>1</sup>		Ind. Conservas <sup>2</sup>		Ind. Laticínios <sup>3</sup>	
	FeCl <sub>3</sub> =120 mg/l; pH=6,5		FeCl <sub>3</sub> =180 mg/l; pH=6,0		FeCl <sub>3</sub> =100 mg/l; pH=6,5	
	Barrilha=3,33x10 <sup>-4</sup>		Barrilha=2,40x10 <sup>-4</sup>		Barrilha=0	
	SSTcg=408 mg/l		SSTcg=480 mg/l		SSTcg=853 mg/l	
	FeCl <sub>3</sub>	Barrilha	FeCl <sub>3</sub>	Barrilha	FeCl <sub>3</sub>	Barrilha
Ca (mg/kg)	*	*	*	*	*	*
Mg (mg/kg)	1,85	1,69x10 <sup>-4</sup>	2,36x10 <sup>-3</sup>	1,04x10 <sup>-4</sup>	0,74	*
P (mg/kg)	9,13	4,70x10 <sup>-4</sup>	1,16x10 <sup>-2</sup>	2,88x10 <sup>-4</sup>	3,64	*
K (mg/kg)	*	*	*	*	*	*
S (mg/kg)	*	1,12x10 <sup>-4</sup>	*	6,85x10 <sup>-5</sup>	*	*
Cu (mg/kg)	*	6,53x10 <sup>-6</sup>	*	4,0x10 <sup>-6</sup>	*	*
Zn (mg/kg)	*	8,16x10 <sup>-4</sup>	*	5,0x10 <sup>-4</sup>	*	*
Mn (mg/kg)	4,0	8,16x10 <sup>-4</sup>	5,10x10 <sup>-3</sup>	5,0x10 <sup>-4</sup>	1,59	*
Fe (mg/kg)	4812,60	2,14x10 <sup>-4</sup>	6,14	1,31x10 <sup>-4</sup>	1918,30	*
Cr (mg/kg)	0,21	1,01x10 <sup>-5</sup>	2,66x10 <sup>-4</sup>	6,2x10 <sup>-6</sup>	8,31x10 <sup>-2</sup>	*
Al (mg/kg)	16,90	5,18x10 <sup>-4</sup>	2,15x10 <sup>-2</sup>	3,17x10 <sup>-4</sup>	6,74	*
Cd (mg/kg)	9,62x10 <sup>-4</sup>	5,96x10 <sup>-7</sup>	1,23x10 <sup>-3</sup>	3,65x10 <sup>-7</sup>	3,83x10 <sup>-4</sup>	*

Os índices 1, 2 e 3 referem-se, respectivamente às primeira coleta, segunda coleta e a terceira coleta.

SSTcg: sólidos suspensos totais da amostra coagulada.

(\*) Não detectado com aparelho utilizado.

OBS. Resultados calculados com base na matéria seca.

De acordo com o balanço de massa realizado para os insumos utilizados nos ensaios de tratabilidade, coagulante e a barrilha (vide Tabela 5.36), observou-se uma contribuição em potencial do coagulante (FeCl<sub>3</sub>), para o incremento de elementos como o ferro, alumínio e cádmio, em concentrações preocupantes, principalmente na primeira e terceira coletas. A barrilha, conforme dados na Tabela 5.36, apesar de impura, não foi a maior responsável pela contaminação das amostras.



TABELA 5.37 – Perda diária de nutrientes presentes no lodo da indústria de conservas alimentícias e da indústria de laticínios, em função dos sólidos suspensos retidos no flotor.

Nutrientes	Ind. Conservas <sup>1</sup>	Ind. Conservas <sup>2</sup>	Ind. Laticínios <sup>3</sup>
	SSTret=0,31 g/m <sup>3</sup>	SSTret=0,47 g/m <sup>3</sup>	SSTret=0,84 g/m <sup>3</sup>
	Qd=3564,3 m <sup>3</sup> /dia	Qd=5854,4 m <sup>3</sup> /dia	Qd=83,1 m <sup>3</sup> /dia
	Md=1104,9 kg sólidos/dia	Md=2751,6 kg sólidos/dia	Md=69,8 kg sólidos/dia
<b>FDN (kg/dia)</b>	346,9	632,9	1,7x10 <sup>-1</sup>
<b>FDA (kg/dia)</b>	265,2	500,8	9,7x10 <sup>-2</sup>
<b>Celulose (kg/dia)</b>	174,9	9,35	*
<b>Lignina (kg/dia)</b>	35,5	8,86	*
<b>CIDA (kg/dia)</b>	55,6	1092,4	*
<b>Extr. Etéreo (kg/dia)</b>	33,1	74,3	45,7
<b>PB (kg/dia)</b>	262,3	567,9	12,8
<b>Norg (kg/dia)</b>	39822	84241,6	2,1x10 <sup>-2</sup>
<b>Ca (kg/dia)</b>	5,25	1,79	1,7x10 <sup>-1</sup>
<b>Mg (kg/dia)</b>	2,92	3,7	2,4x10 <sup>-1</sup>
<b>P (kg/dia)</b>	10,1	19,2	3,2x10 <sup>-1</sup>
<b>K (kg/dia)</b>	22,5	10,54	7,1x10 <sup>-2</sup>
<b>S (kg/dia)</b>	4,8	*	1,3x10 <sup>-1</sup>
<b>Cu (kg/dia)</b>	0,49	1,02	7,7x10 <sup>-4</sup>
<b>Zn (kg/dia)</b>	*	0,39	3,91x10 <sup>-3</sup>
<b>Mn (kg/dia)</b>	0,33	0,55	1,12x10 <sup>-3</sup>
<b>Fe (kg/dia)</b>	0,83	430,9	7,54
<b>Cr (kg/dia)</b>	0,34	0,077	3,7x10 <sup>-4</sup>
<b>Al (kg/dia)</b>	7,18	12,87	4,3x10 <sup>-2</sup>
<b>Cd (g/dia)</b>	2,87	0,96	*

Os índices 1, 2 e 3 referem-se, respectivamente às: primeira coleta, segunda coleta e a terceira coleta.

SSTret: Sólidos Suspensos Totais retidos no flotor; Qd: Vazão Diária do efluente industrial;

Md: Massa Diária de sólidos secos.

(\*) Não detectado com aparelho utilizado.

OBS. Resultados calculados com base na matéria seca.

Observando-se a Tabela 5.37, foi possível quantificar o total de nutrientes presentes no lodo das indústrias de conservas alimentícias e de laticínios. Para ilustrar o montante referente às perdas de alguns elementos essenciais na alimentação de animais, computamos os seguintes nutrientes:

*Indústria de Conservas Alimentícias*

Proteína bruta: média de 415 kg/dia, ou seja, aproximadamente 12 toneladas/mês.

Cálcio & Magnésio: média de 3,5 kg/dia, ou seja, aproximadamente 100 kg/mês.

Potássio: média de 16,5 kg/dia, ou seja, aproximadamente 500 kg/mês.

Extrato Etéreo: média de 54 kg/dia, ou seja, aproximadamente 1,6 tonelada/mês.

Fibras: média de 490 kg/dia, ou seja, aproximadamente 14 toneladas/mês.

*Indústria de Laticínios*

Proteína bruta: média de 13 kg/dia, ou seja, aproximadamente 390 kg/mês.

Cálcio: média de 170 g/dia, ou seja, aproximadamente 5 kg/mês.

Magnésio: média de 240 g/dia, ou seja, aproximadamente 7 kg/mês.

Potássio: média de 70 g/dia, ou seja, aproximadamente 2 kg/mês.

Extrato Etéreo: média de 45 kg/dia, ou seja, aproximadamente 1,3 tonelada/mês.

Nesse sentido, de acordo com as amostras analisadas e os resultados obtidos, o lodo demonstrou ser fonte em potencial de nutrientes essenciais na alimentação animal, desde que o uso seja feito de forma indireta, ou com extração prévia de elementos tóxicos ou com manipulação nas concentrações inadequadas.

## 6 CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES

Considerando os resultados obtidos nos ensaios de flotação para indústria de conservas referente aa duas coletas, verifica-se que a dosagem de 120 mg/l com pH entre 6,1 e 6,5, proporcionou as melhores condições para flotação (DCF=120 mg/l; pH de coagulação entre 6,1-6,5; Q = 15%; A/S = 0,037; Gmr = 800 s<sup>-1</sup>; Tmr = 20 s; Gf = 40s<sup>-1</sup>; Tf = 12 min; Psat = 450 ± 5,0 kPa); remoção de 82% para turbidez e cor aparente à velocidade de flotação de 10,0 cm/min, tal que a turbidez residual foi de 51,9 uT (turbidez bruta de 337 uT) e cor aparente de 1320 uC (cor aparente bruta de 4320 uC). A DQO bruta foi reduzida de 918 mg/l para 608 mg/l (26%).

De acordo com os resultados obtidos nos ensaios de flotação para o efluente da indústria de laticínios nas condições mais adequadas (DCF=100 mg/l; pH de coagulação de 6,5±0,1; Q = 40%; Gmr = 800 s<sup>-1</sup>; Tmr = 20 s; Gf = 60s<sup>-1</sup>; Tf = 1 min; Psat = 450 ± 5,0 kPa) houve remoção maior que 99% para turbidez à velocidade de flotação de 5,0 cm/min, tal que a turbidez residual foi de 2,07 uT (turbidez bruta de 1030 uT) e a DQO bruta foi reduzida de 1874 mg/l para 339 mg/l (82%) à velocidade de flotação de 25 cm/min.

O processo de flotação por ar dissolvido presente na indústria de conservas alimentícias, tem a finalidade de remover basicamente os sólidos em suspensão como pré-tratamento à unidade biológica (filtro anaeróbo de fluxo ascendente), afim de se evitar a colmatação do leito filtrante e possibilitar a passagem de sólidos dissolvidos como fonte de nutrientes para a atividade do biofilme (degradação biológica). Dessa forma, os dados obtidos nas análises físico-químicas do efluente industrial, apresentaram características adequadas ao uso de tratamento biológico (teor de sólidos totais voláteis em torno de 70%) e processo de flotação por ar dissolvido, fornecendo remoções de DQO em torno de 37% e sólidos suspensos totais de 70%, nos ensaios com flotateste.

Em termos de nutrientes, de acordo com a metodologia empregada, pode-se observar para as amostras analisadas uma variação muito grande no nível de concentração entre os resultados obtidos nas diferentes coletas. Comparando-se os resultados referente às primeira e segunda coletas, realizadas na indústria de conservas, as reduções de nitrogênio orgânico variaram entre 33% e 68%; nitrogênio amoniacal entre 6% e 52%; potássio entre 11,5% e 59%; enxofre entre 5% e 60%. O cálcio, magnésio e fósforo, apresentaram reduções apenas para a primeira coleta, de 31%, 17,5% e 10,5%, respectivamente. Para o efluente da indústria de laticínios, a única redução verificada foi em nitrogênio amoniacal, de 63,5%, permanecendo constantes as concentrações de cálcio, magnésio e fósforo.

No que se refere aos elementos cobre, zinco, manganês, ferro, cromo, alumínio e cádmio, também foi observada variação muito grande nas concentrações finais dos efluentes. Para a indústria de conservas, observou-se reduções de cobre em torno de 41%; zinco de 24%; manganês de 22% na primeira coleta e alumínio acima de 70%, nas duas coletas. O ferro apresentou uma redução de 94% na segunda coleta, e um aumento significativo (350%) na primeira coleta, proveniente do coagulante (vide Tabela 5.36). O efluente de laticínios apresentou 17,3% de redução da concentração do alumínio, enquanto o ferro e cromo mantiveram suas concentrações constantes. Os demais elementos, cobre, zinco, manganês e cádmio, não estavam presentes na amostra.

Dessa forma o emprego da flotação por ar dissolvido, para os efluentes analisados, pode ser interessante como tratamento, capaz de promover remoção de sólidos suspensos, DQO e turbidez com grau de eficiência satisfatório. Por outro lado, pode reduzir a concentração de nutrientes como nitrogênio, cálcio, fósforo, magnésio, potássio e manganês.

As elevadas concentrações de Cd, Al, Fe e Cr, presentes principalmente no coagulante (cloreto férrico), utilizado nos ensaios, indica ser o responsável pelos níveis desses contaminantes encontrados no lodo e nos efluentes, clarificados e coagulados. A adição de coagulante e barrilha contribuíram para o aumento da concentração de sólidos totais do efluente clarificado, mais especificamente, sólidos dissolvidos.

Em relação ao lodo proveniente do processo de tratamento de águas residuárias de indústria de conservas alimentícias e de laticínios, processos complementares de compactação e desidratação aliados ao emprego de produtos químicos de qualidade (coagulante, barrilha, cal, soda, etc), eleva a concentração de matéria seca (sólidos) e reduz o nível de contaminação com elementos tóxicos como Cd, Al e Cr, viabilizando seu uso na alimentação de bovinos.

A elevada concentração de fibras presente no resíduo de indústria de conservas, após concentração mecânica, confere o potencial de uso como complemento alimentar volumoso ou concentrado.

O lodo proveniente da indústria de laticínios, em função da alta presença de matéria graxa, confere ao resíduo, boa digestibilidade (84%) e potencial de uso como suplemento alimentar energético.

Tanto o lodo procedente da indústria de conservas como o lodo da indústria de laticínios, apresentaram teor de proteína bruta e macro minerais (Ca, Mg, P, S e K), desejáveis em alimentos para bovinos, o que torna esse subproduto potencialmente útil como suplemento alimentar.

Elementos como o Zn, Fe, Mn e Cr presentes no lodo da indústria de conservas, apresentaram concentrações dentro dos padrões máximos de tolerância, porém os altos teores de Cu e Al, podem ser minimizados com a adição de outros insumos, em maiores concentrações, necessários a composição da ração. O lodo da indústria de laticínios, no que se refere aos elementos citados (Fe, Mn, Zn, Cr e Cu), apresentaram teores dentro do especificado.

A maior preocupação, centra nas concentrações de Cd, Cu e Al encontradas para o lodo da indústria de conservas, muito acima do máximo tolerável. Metais pesados como o Cd, Pb e Hg nunca devem estar presentes em qualquer alimento animal. Assim sendo, o uso direto desse resíduo fica comprometido pela presença de Cd.

Isso implica na necessidade de um tratamento preliminar do lodo para remoção de metais pesados e redução de elementos que apresentaram concentrações muito elevadas, antes de destiná-lo para alimentação de bovinos.

De um modo geral, a variação nas concentrações dos elementos analisados sugere a mistura entre os dois resíduos, lodo da indústria de conservas e da indústria de laticínios, para a obtenção de um composto com teores mais equilibrados em termos de nutrientes.

As concentrações elevadas de nutrientes presentes no lodo, confere a esse resíduo um grande potencial de tratamento em termos de reuso, principalmente para alimentação animal, guardando as devidas recomendações e cautela.

---

As recomendações sugeridas para estudos futuros são:

- Estudar o lodo proveniente de outras indústrias, principalmente abatedouros e indústria de processamento de óleos, ricas em matéria graxa excelente fonte de energia.
- Estudar o procedimento adotado nesse trabalho para resíduos sólidos gerados em grande quantidade nas indústrias de alimentos.
- Investigar e comparar outros métodos de análise para melhor caracterização do lodo, já que se trata de um resíduo semi-sólido.

## **ANEXO A**

**Roteiro de coleta de dados utilizado durante os ensaios de tratabilidade com  
flotatestes**

## ROTEIRO DE ENSAIO PARA O FLOTATESTES

Dados referente à amostra:

- Indústria:
- Procedência da amostra:
- Data da coleta:
- Período de coleta:
- Intervalo de coleta:
- Tipo de amostragem:
- Volume necessário de amostra coletada:

Dados referente ao ensaio:

- Coagulante:  $\text{FeCl}_3$  (comercial)
- Dosagens a serem testadas: (mg/l)
- pH a serem testados:

OBS.: Os pHs deverão ser corrigidos com uma base ou ácido quando estiverem fora do valor desejado.

- Gradiente médio de velocidade de mistura ( $G_{mr}$ ):  $800 \text{ s}^{-1}$
- Tempo de mistura ( $T_{mr}$ ): 20 seg. (jar-test).
- Gradiente médio de velocidade de floculação ( $G_{mf}$ ): 40; 60;  $80 \text{ s}^{-1}$
- Tempo de floculação ( $T_f$ ): 1; 3; 6; 12 minutos.
- Recirculação: (%).
- Pressão da câmara de saturação:  $\sim 450 \text{ kPa}$ .
- Velocidade de flotação: 5,0; 10,0; 15,0; 20,0; 25,0 cm/min.



PLANILHAS DE ANOTAÇÕES DOS DADOS OBTIDOS DURANTE OS ENSAIOS  
 PLANILHA A 1 - PRIMEIRA ETAPA: Avaliar Dosagem de Coagulante e pH de Coagulação.

DOSAGEM FeCl <sub>3</sub> (mg/l)	Correção com Ácido ou Base				Amostra  Bruta		Velocidade de Flotação (cm/min.)														
							25			20			15			10			5		
							1'33"			1'54"			2'28"			3'29"			7'00"		
							pHi	pHe	pHo	C	T	n°	C	T	n°	C	T	n°	C	T	n°
			5,5																		
			6,0																		
			6,5																		
			7,0																		
			7,5																		
			8,0																		
			5,5																		
			6,0																		
			6,5																		
			7,0																		
			7,5																		
			8,0																		
			5,5																		
			6,0																		
			6,5																		
			7,0																		
			7,5																		
			8,0																		

Acido Clorídrico:  
Barrilha:

Gm:  
Gf:

Tm:  
Tf:

Psat:  
R(%):

Temp. :

PLANILHAS DE ANOTAÇÕES DOS DADOS OBTIDOS DURANTE OS ENSAIOS

PLANILHA A2 - SEGUNDA ETAPA: Avaliar Gradiente de Floculação e Tempo de Floculação.

		Gradiente Médio de Velocidade de Floculação (s <sup>-1</sup> )					
DOSAGEM FeCl <sub>3</sub> ( )	pHo ( )	40		60		80	
		Dados de Turbidez (T) e Cor Aparente (C)					
		T	C	T	C	T	C
Tempo de Floculação	1						
	3						
	6						
	12						

Gm:                  Tm:                  Psat:                  R(%):                  Temp. :

PLANILHA A 3 - TERCEIRA ETAPA: Avaliar Fração de Recirculação

		Velocidade de Flotação (cm/min.)									
DOSAGEM FeCl <sub>3</sub> ( )	pHo ( )	5		10		15		20		25	
		Dados de Turbidez (T) e Cor Aparente (C)									
		T	C	T	C	T	C	T	C	T	C
Fração de Recirculação (%)	15										
	20										
	30										
	40										

Gm:    Tm:                  Gf:    Tf:                  Temp:                  R(%):                  Psat:

## **ANEXO B**

**Estudo para obtenção dos valores de pH de coagulação estipulados na primeira etapa dos ensaios de flotação relativo às três coletas**

TABELA B.1 - Valores das dosagens de barrilha (25%) e respectivos pH de coagulação obtidos para primeira coleta.

<b>FeCl<sub>3</sub></b>	<b>ml sol. de barrilha/ litro efluente</b>	<b>mg de barrilha / litro de efluente</b>	<b>pHi</b>	<b>pHe</b>	<b>pHo</b>
<b>0 mg/l</b>	20,67 *	0,00103	4,25	<b>5,5</b>	5,47
	30,00 *	0,0015	4,25	<b>6,0</b>	6,01
	42,00 *	0,0021	4,30	<b>6,5</b>	6,48
	51,30 *	0,0026	4,30	<b>7,0</b>	6,98
	1,00	0,00025	4,31	<b>7,5</b>	7,48
				4,31	<b>8,0</b>
<b>40 mg/l</b>	0,40	0,0001	4,21	<b>5,5</b>	5,30
	0,67	0,000168	4,21	<b>6,0</b>	5,88
	1,07	0,000268	4,28	<b>6,5</b>	6,44
	1,40	0,00035	4,03	<b>7,0</b>	6,91
	1,40	0,00035	4,03	<b>7,5</b>	7,35
	1,53	0,000383	4,11	<b>8,0</b>	8,12
<b>60 mg/l</b>	0,67	0,000168	4,49	<b>5,5</b>	5,72
	0,80	0,00020	4,30	<b>6,0</b>	6,24
	0,73	0,000183	4,11	<b>6,5</b>	6,39
	1,33	0,00033	4,30	<b>7,0</b>	6,93
	1,47	0,000368	4,30	<b>7,5</b>	7,79
<b>80 mg/l</b>	0,67	0,000168	4,63	<b>5,5</b>	5,59
	0,87	0,000218	4,63	<b>6,0</b>	6,24
	1,07	0,000268	4,65	<b>6,5</b>	6,67
	1,33	0,000333	4,65	<b>7,0</b>	6,92
	1,67	0,000168	4,70	<b>7,5</b>	7,52
	2,00	0,0005	4,70	<b>8,0</b>	8,22
<b>100 mg/l</b>	0,73	0,000183	4,63	<b>5,5</b>	5,74
	0,87	0,000218	4,61	<b>6,0</b>	6,16
	1,00	0,00025	4,57	<b>6,5</b>	6,35
	1,00	0,00025	4,75	<b>7,0</b>	6,90
	1,67	0,000168	4,75	<b>7,5</b>	7,43
	2,00	0,0005	4,57	<b>8,0</b>	8,29
<b>120 mg/l</b>	1,00	0,00025	4,55	<b>5,5</b>	5,72
	1,00	0,00025	4,55	<b>6,0</b>	6,16
	1,33	0,000333	4,55	<b>6,5</b>	6,54
	1,67	0,000168	4,68	<b>7,0</b>	6,93
	2,00	0,0005	4,68	<b>7,5</b>	7,43
	3,50	0,00085	4,73	<b>8,0</b>	8,30
<b>150 mg/l</b>	1,67	0,000418	4,78	<b>6,5</b>	6,45
<b>200 mg/l</b>	2,13	0,000533	4,78	<b>6,5</b>	6,68

pHi = pH inicial da amostra;

pHe= pH estipulado;

pHo= pH obtido.

(\*) Esses valores de dosagens correspondem a uma solução de barrilha a 5%.

TABELA B.2 - Valores das dosagens de barrilha (20%) e respectivos pH de coagulação obtidos para segunda coleta.

<b>FeCl<sub>3</sub></b>	<b>ml sol. de barrilha/ l efluente</b>	<b>mg de barrilha / litro de efluente</b>	<b>pHi</b>	<b>pHe</b>	<b>pHo</b>
<b>0 mg/L</b>	0,30	0,00006	4,93	<b>6,0</b>	6,01
	0,40	0,00008	4,93	<b>6,5</b>	6,44
	0,60	0,00012	4,93	<b>7,0</b>	7,03
<b>80 mg/L</b>	1,20	0,00024	5,20	<b>6,0</b>	6,10
	1,47	0,00029	5,20	<b>6,5</b>	6,46
	1,80	0,00036	5,20	<b>7,0</b>	6,86
<b>100 mg/L</b>	0,73	0,000146	4,90	<b>6,0</b>	6,07
	1,13	0,000226	4,93	<b>6,5</b>	6,49
	1,53	0,000306	4,90	<b>7,0</b>	6,93
<b>120 mg/L</b>	1,00	0,0002	4,90	<b>6,0</b>	6,08
	1,20	0,00024	4,90	<b>6,5</b>	6,47
	1,33	0,00026	4,90	<b>7,0</b>	6,95
<b>150 mg/L</b>	1,20	0,00024	5,20	<b>6,0</b>	6,03
	1,47	0,00029	5,20	<b>6,5</b>	6,42
	1,80	0,00036	5,20	<b>7,0</b>	6,91
<b>180 mg/L</b>	1,20	0,00024	5,20	<b>6,0</b>	6,02
	1,47	0,00029	5,20	<b>6,5</b>	6,49
	1,80	0,00036	5,20	<b>7,0</b>	6,96
<b>240 mg/L</b>	1,33	0,00026	5,20	<b>6,0</b>	5,80
	1,67	0,00028	5,20	<b>6,5</b>	6,38
	2,00	0,00050	5,20	<b>7,0</b>	6,97
<b>300 mg/L</b>	1,47	0,00029	5,20	<b>6,0</b>	6,09
	1,73	0,00043	5,20	<b>6,5</b>	6,50
	2,00	0,00050	5,20	<b>7,0</b>	6,89

pHi = pH inicial da amostra;                      pHe = pH estipulado;                      pHo = pH obtido.

TABELA B.3 - Valores das dosagens de ácido clorídrico (HCl) e respectivos pH de coagulação obtidos para terceira coleta.

<b>FeCl<sub>3</sub></b>	<b>Ácido (ml)</b>	<b>pHi</b>	<b>pHe</b>	<b>pHo</b>
<b>0 mg/L</b>	9,07	10,51	<b>6,0</b>	5,96
	8,13	10,51	<b>6,5</b>	6,50
	7,20	10,53	<b>7,0</b>	7,06
	6,67	10,53	<b>7,5</b>	7,53
<b>50 mg/L</b>	7,20	10,58	<b>6,0</b>	6,09
	6,67	10,58	<b>6,5</b>	6,55
	5,67	10,58	<b>7,0</b>	7,09
	5,13	10,58	<b>7,5</b>	7,56
<b>100 mg/L</b>	5,67	10,70	<b>6,0</b>	6,08
	5,33	10,70	<b>6,5</b>	6,48
	4,33	10,70	<b>7,0</b>	6,96
	7,00	10,70	<b>7,5</b>	5,59
<b>150 mg/L</b>	4,67	10,62	<b>6,0</b>	5,99
	3,67	10,70	<b>6,5</b>	6,48
	2,73	10,70	<b>7,0</b>	6,94
	5,13	10,30	<b>7,5</b>	5,42
<b>200 mg/L</b>	2,00	10,72	<b>6,0</b>	6,00
	0,67	10,72	<b>6,5</b>	6,62
	0	10,72	<b>7,0</b>	7,08
	3,33	10,72	<b>5,5</b>	5,49
<b>75 mg/L</b>	9,4	10,80	<b>6,0</b>	6,01
	8,5	10,80	<b>6,5</b>	6,58
<b>125 mg/L</b>	6,7	10,80	<b>6,0</b>	6,08
	6,0	10,80	<b>6,5</b>	6,54
<b>175 mg/L</b>	4,0	10,80	<b>6,0</b>	5,91
	3,0	10,80	<b>6,5</b>	6,60
<b>225 mg/L</b>	1,5	10,80	<b>6,0</b>	6,06
	1,0	10,80	<b>6,5</b>	6,52

pHi = pH inicial da amostra;                      pHe= pH estiuado;                      pHo= pH obtido.

## ANEXO C

**Dados obtidos nos ensaios de tratabilidade realizados com o flotatestes para as amostras coletadas na indústria de conservas alimentícias referente à primeira coleta.**

PLANILHA C.1 – Dados de Turbidez, Cor Aparente e DQO, obtidos na primeira etapa dos ensaios de flotação relativos à primeira coleta para DCF iguais à 0 mg/l.

TURBIDEZ						COR APARENTE					
DCF = 0 mg/L						DCF = 0 mg/L					
ENSAIO 01						ENSAIO 01					
Amostra n°	Tempo Coleta	Vel. Flotação (cm/min)	Turbidez Efluente Tratado (T)	Turbidez Efluente Bruto (To)	pH = 5,47 DQO: 736 mg/L	Amostra n°	Tempo Coleta	Vel. Flotação (cm/min)	Cor aparente Efluente Tratado (C)	Cor aparente Efluente Bruto (Co)	pH = 5,47 DQO: 736 mg/L
		0,0						0,0			
1	7'00" (06s)	5,0	102	316,0	0,38	1	7'00" (06s)	5,0	1445	2950,0	0,59
2	3'29" (20s)	10,0	108	316,0	0,41	2	3'29" (20s)	10,0	1424	2950,0	0,58
3	2'28" (06s)	15,0	125	316,0	0,47	3	2'28" (06s)	15,0	1520	2950,0	0,62
4	1'54" (06s)	20,0	165	316,0	0,53	4	1'54" (06s)	20,0	1680	2950,0	0,68
5	1'33" (06s)	25,2	259	316,0	0,88	5	1'33" (06s)	25,2	2240	2950,0	0,91
		30,0						30,0			
ENSAIO 02						ENSAIO 02					
Amostra n°	Tempo Coleta	Vel. Flotação (cm/min)	Turbidez Efluente Tratado (T)	Turbidez Efluente Bruto (To)	pH = 6,01 DQO: 692 mg/L	Amostra n°	Tempo Coleta	Vel. Flotação (cm/min)	Cor aparente Efluente Tratado (C)	Cor aparente Efluente Bruto (Co)	pH = 6,01 DQO: 692 mg/L
		0,0						0,0			
1	7'00" (06s)	5,0	95,9	316,0	0,36	1	7'00" (06s)	5,0	1380	2950,0	0,56
2	3'29" (20s)	10,0	110	316,0	0,42	2	3'29" (20s)	10,0	1431	2950,0	0,58
3	2'28" (06s)	15,0	141	316,0	0,54	3	2'28" (06s)	15,0	1600	2950,0	0,65
4	1'54" (06s)	20,0	160	316,0	0,61	4	1'54" (06s)	20,0	1688	2950,0	0,69
5	1'33" (06s)	25,2	244	316,0	0,93	5	1'33" (06s)	25,2	2352	2950,0	0,96
		30,0						30,0			
ENSAIO 03						ENSAIO 03					
Amostra n°	Tempo Coleta	Vel. Flotação (cm/min)	Turbidez Efluente Tratado (T)	Turbidez Efluente Bruto (To)	pH = 6,48 DQO: 684 mg/L	Amostra n°	Tempo Coleta	Vel. Flotação (cm/min)	Cor aparente Efluente Tratado (C)	Cor aparente Efluente Bruto (Co)	pH = 6,48 DQO: 684 mg/L
		0,0						0,0			
1	7'00" (06s)	5,0	97,3	327,0	0,36	1	7'00" (06s)	5,0	1344	2840,0	0,57
2	3'29" (20s)	10,0	109	327,0	0,40	2	3'29" (20s)	10,0	1408	2840,0	0,59
3	2'28" (06s)	15,0	125	327,0	0,46	3	2'28" (06s)	15,0	1520	2840,0	0,64
4	1'54" (06s)	20,0	160	327,0	0,59	4	1'54" (06s)	20,0	1728	2840,0	0,73
5	1'33" (06s)	25,2	211	327,0	0,77	5	1'33" (06s)	25,2	2088	2840,0	0,88
		30,0						30,0			
ENSAIO 04						ENSAIO 04					
Amostra n°	Tempo Coleta	Vel. Flotação (cm/min)	Turbidez Efluente Tratado (T)	Turbidez Efluente Bruto (To)	pH = 6,98 DQO: 689 mg/L	Amostra n°	Tempo Coleta	Vel. Flotação (cm/min)	Cor aparente Efluente Tratado (C)	Cor aparente Efluente Bruto (Co)	pH = 6,98 DQO: 689 mg/L
		0,0						0,0			
1	7'00" (06s)	5,0	88,6	327,0	0,33	1	7'00" (06s)	5,0	1330	2840,0	0,56
2	3'29" (20s)	10,0	108	327,0	0,40	2	3'29" (20s)	10,0	1368	2840,0	0,58
3	2'28" (06s)	15,0	125	327,0	0,46	3	2'28" (06s)	15,0	1396	2840,0	0,59
4	1'54" (06s)	20,0	150	327,0	0,55	4	1'54" (06s)	20,0	1588	2840,0	0,67
5	1'33" (06s)	25,2	216	327,0	0,79	5	1'33" (06s)	25,2	2056	2840,0	0,87
		30,0						30,0			
ENSAIO 05						ENSAIO 05					
Amostra n°	Tempo Coleta	Vel. Flotação (cm/min)	Turbidez Efluente Tratado (T)	Turbidez Efluente Bruto (To)	pH = 7,48 DQO: 684 mg/L	Amostra n°	Tempo Coleta	Vel. Flotação (cm/min)	Cor aparente Efluente Tratado (C)	Cor aparente Efluente Bruto (Co)	pH = 7,48 DQO: 684 mg/L
		0,0						0,0			
1	7'00" (06s)	5,0	96,5	327,0	0,35	1	7'00" (06s)	5,0	1064	2840,0	0,45
2	3'29" (20s)	10,0	106	327,0	0,39	2	3'29" (20s)	10,0	1144	2840,0	0,48
3	2'28" (06s)	15,0	116	327,0	0,43	3	2'28" (06s)	15,0	1240	2840,0	0,52
4	1'54" (06s)	20,0	135	327,0	0,50	4	1'54" (06s)	20,0	1408	2840,0	0,59
5	1'33" (06s)	25,2	213	327,0	0,78	5	1'33" (06s)	25,2	1824	2840,0	0,77
		30,0						30,0			
ENSAIO 06						ENSAIO 06					
Amostra n°	Tempo Coleta	Vel. Flotação (cm/min)	Turbidez Efluente Tratado (T)	Turbidez Efluente Bruto (To)	pH = 8,05 DQO: 722 mg/L	Amostra n°	Tempo Coleta	Vel. Flotação (cm/min)	Cor aparente Efluente Tratado (C)	Cor aparente Efluente Bruto (Co)	pH = 8,05 DQO: 722 mg/L
		0,0						0,0			
1	7'00" (06s)	5,0	82,3	327,0	0,34	1	7'00" (06s)	5,0	1088	2840,0	0,46
2	3'29" (20s)	10,0	101	327,0	0,37	2	3'29" (20s)	10,0	1208	2840,0	0,51
3	2'28" (06s)	15,0	115	327,0	0,42	3	2'28" (06s)	15,0	1316	2840,0	0,56
4	1'54" (06s)	20,0	130	327,0	0,48	4	1'54" (06s)	20,0	1352	2840,0	0,57
5	1'33" (06s)	25,2	190	327,0	0,70	5	1'33" (06s)	25,2	1744	2840,0	0,74
		30,0						30,0			



PLANILHA C.2 – Dados de Turbidez, Cor Aparente e DQO, obtidos na primeira etapa dos ensaios de flotação relativos à primeira coleta para DCF iguais à 40 mg/l.

TURBIDEZ					COR APARENTE						
DCF = 40 mg/L					DCF = 40 mg/L						
ENSAIO 01					ENSAIO 01						
Amostra n°	Tempo Coleta	Vel. Flotação (cm/min)	Turbidez Effluente Tratado (T)	Turbidez Effluente Bruto (To)	pH = 5,30	Amostra n°	Tempo Coleta	Vel. Flotação (cm/min)	Cor aparente Effluente Tratado (C)	Cor aparente Effluente Bruto (Co)	pH = 5,30
		0,0						0,0			
1	7:00* (06s)	5,0	97,6	340,0	0,34	1	7:00* (06s)	5,0	1116	2385,0	0,56
2	3:29* (20s)	10,0	113	340,0	0,40	2	3:29* (20s)	10,0	1380	2385,0	0,69
3	2:28* (06s)	15,0	137	340,0	0,48	3	2:28* (06s)	15,0	1388	2385,0	0,70
4	1:54* (06s)	20,0	240	340,0	0,85	4	1:54* (06s)	20,0	2190	2385,0	1,08
5	1:33* (06s)	25,2	289	340,0	1,02	5	1:33* (06s)	25,2	2224	2385,0	1,12
		30,0						30,0			
ENSAIO 02					ENSAIO 02						
Amostra n°	Tempo Coleta	Vel. Flotação (cm/min)	Turbidez Effluente Tratado (T)	Turbidez Effluente Bruto (To)	pH = 5,88	Amostra n°	Tempo Coleta	Vel. Flotação (cm/min)	Cor aparente Effluente Tratado (C)	Cor aparente Effluente Bruto (Co)	pH = 5,88
		0,0			DQO: 714 mg/L			0,0			DQO: 714 mg/L
1	7:00* (06s)	5,0	91,9	340,0	0,33	1	7:00* (06s)	5,0	1248	2385,0	0,63
2	3:29* (20s)	10,0	112	340,0	0,40	2	3:29* (20s)	10,0	1288	2385,0	0,65
3	2:28* (06s)	15,0	152	340,0	0,54	3	2:28* (06s)	15,0	1636	2385,0	0,82
4	1:54* (06s)	20,0	251	340,0	0,89	4	1:54* (06s)	20,0	2260	2385,0	1,14
5	1:33* (06s)	25,2	271	340,0	0,96	5	1:33* (06s)	25,2	2040	2385,0	1,03
		30,0						30,0			
ENSAIO 03					ENSAIO 03						
Amostra n°	Tempo Coleta	Vel. Flotação (cm/min)	Turbidez Effluente Tratado (T)	Turbidez Effluente Bruto (To)	pH = 6,44	Amostra n°	Tempo Coleta	Vel. Flotação (cm/min)	Cor aparente Effluente Tratado (C)	Cor aparente Effluente Bruto (Co)	pH = 6,44
		0,0			DQO: 677 mg/L			0,0			DQO: 677 mg/L
1	7:00* (06s)	5,0	79,6	316,0	0,30	1	7:00* (06s)	5,0	1128	2310,0	0,59
2	3:29* (20s)	10,0	90,5	316,0	0,34	2	3:29* (20s)	10,0	1328	2310,0	0,69
3	2:28* (06s)	15,0	123	316,0	0,47	3	2:28* (06s)	15,0	1536	2310,0	0,70
4	1:54* (06s)	20,0	210	316,0	0,80	4	1:54* (06s)	20,0	2052	2310,0	1,07
5	1:33* (06s)	25,2	238	316,0	0,90	5	1:33* (06s)	25,2	1968	2310,0	1,02
		30,0						30,0			
ENSAIO 04					ENSAIO 04						
Amostra n°	Tempo Coleta	Vel. Flotação (cm/min)	Turbidez Effluente Tratado (T)	Turbidez Effluente Bruto (To)	pH = 6,91	Amostra n°	Tempo Coleta	Vel. Flotação (cm/min)	Cor aparente Effluente Tratado (C)	Cor aparente Effluente Bruto (Co)	pH = 6,91
		0,0			DQO: 721 mg/L			0,0			DQO: 721 mg/L
1	7:00* (06s)	5,0	80,2	316,0	0,30	1	7:00* (06s)	5,0	1048	2310,0	0,54
2	3:29* (20s)	10,0	89,7	316,0	0,34	2	3:29* (20s)	10,0	1180	2310,0	0,61
3	2:28* (06s)	15,0	133	316,0	0,51	3	2:28* (06s)	15,0	1336	2310,0	0,69
4	1:54* (06s)	20,0	198	316,0	0,75	4	1:54* (06s)	20,0	1316	2310,0	0,68
5	1:33* (06s)	25,2	198	316,0	0,75	5	1:33* (06s)	25,2	2100	2310,0	1,09
		30,0						30,0			
ENSAIO 05					ENSAIO 05						
Amostra n°	Tempo Coleta	Vel. Flotação (cm/min)	Turbidez Effluente Tratado (T)	Turbidez Effluente Bruto (To)	pH = 7,35	Amostra n°	Tempo Coleta	Vel. Flotação (cm/min)	Cor aparente Effluente Tratado (C)	Cor aparente Effluente Bruto (Co)	pH = 7,35
		0,0			DQO: 725 mg/L			0,0			DQO: 725 mg/L
1	7:00* (06s)	5,0	78,1	316,0	0,30	1	7:00* (06s)	5,0	1040	2310,0	0,54
2	3:29* (20s)	10,0	96	316,0	0,33	2	3:29* (20s)	10,0	1124	2310,0	0,58
3	2:28* (06s)	15,0	106	316,0	0,40	3	2:28* (06s)	15,0	1200	2310,0	0,62
4	1:54* (06s)	20,0	135	316,0	0,51	4	1:54* (06s)	20,0	1456	2310,0	0,76
5	1:33* (06s)	25,2	160	316,0	0,61	5	1:33* (06s)	25,2	1560	2310,0	0,81
		30,0						30,0			
ENSAIO 06					ENSAIO 06						
Amostra n°	Tempo Coleta	Vel. Flotação (cm/min)	Turbidez Effluente Tratado (T)	Turbidez Effluente Bruto (To)	pH = 8,12	Amostra n°	Tempo Coleta	Vel. Flotação (cm/min)	Cor aparente Effluente Tratado (C)	Cor aparente Effluente Bruto (Co)	pH = 8,12
		0,0			DQO: 716 mg/L			0,0			DQO: 716 mg/L
1	7:00* (06s)	5,0	73,8	316,0	0,28	1	7:00* (06s)	5,0	1040	2310,0	0,54
2	3:29* (20s)	10,0	82,3	316,0	0,31	2	3:29* (20s)	10,0	992	2310,0	0,52
3	2:28* (06s)	15,0	91,4	316,0	0,35	3	2:28* (06s)	15,0	1176	2310,0	0,61
4	1:54* (06s)	20,0	109	316,0	0,41	4	1:54* (06s)	20,0	1336	2310,0	0,69
5	1:33* (06s)	25,2	113	316,0	0,43	5	1:33* (06s)	25,2	1392	2310,0	0,72
		30,0						30,0			

PLANILHA C.3 – Dados de Turbidez, Cor Aparente e DQO, obtidos na primeira etapa dos ensaios de flotação relativos à primeira coleta para DCF iguais à 60 mg/l.

TURBIDEZ							COR APARENTE						
DCF = 60 mg/L							DCF = 60 mg/L						
ENSAIO 01							ENSAIO 01						
Amostra n°	Tempo Coleta	Vel. Flotação (cm/min)	Turbidez Efluente Tratado (T)	Turbidez Efluente Bruto (To)	pH = 5,72	DQO: 702 mg/L	Amostra n°	Tempo Coleta	Vel. Flotação (cm/min)	Cor aparente Efluente Tratado (C)	Cor aparente Efluente Bruto (Co)	pH = 5,72	DQO: 702 mg/L
		0,0							0,0				
1	7:00* (06s)	5,0	82,2	329,0	0,30		1	7:00* (06s)	5,0	939	2425,0	0,46	
2	3:29* (20s)	10,0	132	329,0	0,48		2	3:29* (20s)	10,0	1173	2425,0	0,58	
3	2:28* (06s)	15,0	179	329,0	0,65		3	2:28* (06s)	15,0	1408	2425,0	0,70	
4	1:54* (06s)	20,0	312	329,0	1,14		4	1:54* (06s)	20,0	2375	2425,0	1,18	
5	1:33* (06s)	25,2	342	329,0	1,25		5	1:33* (06s)	25,2	2450	2425,0	1,21	
		30,0							30,0				
ENSAIO 02							ENSAIO 02						
Amostra n°	Tempo Coleta	Vel. Flotação (cm/min)	Turbidez Efluente Tratado (T)	Turbidez Efluente Bruto (To)	pH = 6,24	DQO: 683 mg/L	Amostra n°	Tempo Coleta	Vel. Flotação (cm/min)	Cor aparente Efluente Tratado (C)	Cor aparente Efluente Bruto (Co)	pH = 6,24	DQO: 683 mg/L
		0,0							0,0				
1	7:00* (06s)	5,0	82,2	329,0	0,30		1	7:00* (06s)	5,0	1152	2425,0	0,57	
2	3:29* (20s)	10,0	92,8	329,0	0,34		2	3:29* (20s)	10,0	1264	2425,0	0,63	
3	2:28* (06s)	15,0	138	329,0	0,50		3	2:28* (06s)	15,0	1488	2425,0	0,74	
4	1:54* (06s)	20,0	245	329,0	0,89		4	1:54* (06s)	20,0	1992	2425,0	0,89	
5	1:33* (06s)	25,2	293	329,0	1,07		5	1:33* (06s)	25,2	2400	2425,0	1,19	
		30,0							30,0				
ENSAIO 03							ENSAIO 03						
Amostra n°	Tempo Coleta	Vel. Flotação (cm/min)	Turbidez Efluente Tratado (T)	Turbidez Efluente Bruto (To)	pH = 6,39	DQO: 677 mg/L	Amostra n°	Tempo Coleta	Vel. Flotação (cm/min)	Cor aparente Efluente Tratado (C)	Cor aparente Efluente Bruto (Co)	pH = 6,39	DQO: 677 mg/L
		0,0							0,0				
1	7:00* (06s)	5,0	76,6	316,0	0,29		1	7:00* (06s)	5,0	1128	2310,0	0,59	
2	3:29* (20s)	10,0	89,7	316,0	0,34		2	3:29* (20s)	10,0	1156	2310,0	0,60	
3	2:28* (06s)	15,0	136	316,0	0,52		3	2:28* (06s)	15,0	1456	2310,0	0,76	
4	1:54* (06s)	20,0	192	316,0	0,73		4	1:54* (06s)	20,0	1880	2310,0	0,88	
5	1:33* (06s)	25,2	235	316,0	0,89		5	1:33* (06s)	25,2	2040	2310,0	1,06	
		30,0							30,0				
ENSAIO 04							ENSAIO 04						
Amostra n°	Tempo Coleta	Vel. Flotação (cm/min)	Turbidez Efluente Tratado (T)	Turbidez Efluente Bruto (To)	pH = 6,93	DQO: 678 mg/L	Amostra n°	Tempo Coleta	Vel. Flotação (cm/min)	Cor aparente Efluente Tratado (C)	Cor aparente Efluente Bruto (Co)	pH = 6,93	DQO: 678 mg/L
		0,0							0,0				
1	7:00* (06s)	5,0	72,5	329,0	0,26		1	7:00* (06s)	5,0	1200	2425,0	0,59	
2	3:29* (20s)	10,0	75,4	329,0	0,28		2	3:29* (20s)	10,0	1131	2425,0	0,56	
3	2:28* (06s)	15,0	108	329,0	0,39		3	2:28* (06s)	15,0	1304	2425,0	0,65	
4	1:54* (06s)	20,0	172	329,0	0,63		4	1:54* (06s)	20,0	1725	2425,0	0,85	
5	1:33* (06s)	25,2	222	329,0	0,81		5	1:33* (06s)	25,2	2015	2425,0	1,00	
		30,0							30,0				
ENSAIO 05							ENSAIO 05						
Amostra n°	Tempo Coleta	Vel. Flotação (cm/min)	Turbidez Efluente Tratado (T)	Turbidez Efluente Bruto (To)	pH = 7,79	DQO: 677 mg/L	Amostra n°	Tempo Coleta	Vel. Flotação (cm/min)	Cor aparente Efluente Tratado (C)	Cor aparente Efluente Bruto (Co)	pH = 7,79	DQO: 677 mg/L
		0,0							0,0				
1	7:00* (06s)	5,0	68	329,0	0,25		1	7:00* (06s)	5,0	1096	2310,0	0,57	
2	3:29* (20s)	10,0	71,7	329,0	0,26		2	3:29* (20s)	10,0	1146	2310,0	0,60	
3	2:28* (06s)	15,0	82	329,0	0,30		3	2:28* (06s)	15,0	1196	2310,0	0,62	
4	1:54* (06s)	20,0	114	329,0	0,42		4	1:54* (06s)	20,0	1408	2310,0	0,73	
5	1:33* (06s)	25,2	136	329,0	0,50		5	1:33* (06s)	25,2	1484	2310,0	0,77	
		30,0							30,0				

PLANILHA C.4 – Dados de Turbidez, Cor Aparente e DQO, obtidos na primeira etapa dos ensaios de flotação relativos à primeira coleta para DCF iguais à 80 mg/l.

DCF = 80 mg/L						COR APARENTE					
TURBIDEZ						DCF = 80 mg/L					
ENSAIO 01						ENSAIO 01					
Amostra nº	Tempo Coleta	Vel. Flotação (cm/min)	Turbidez Efluente Tratado (T)	Turbidez Efluente Bruto (To)	pH = 5,59 DQO: 718 mg/L	Amostra nº	Tempo Coleta	Vel. Flotação (cm/min)	Cor aparente Efluente Tratado (C)	Cor aparente Efluente Bruto (Co)	pH = 5,59 DQO: 718 mg/L
		0,0						0,0			
1	7'00" (06s)	5,0	52,2	321,0	0,20	1	7'00" (06s)	5,0	966	2662,0	0,44
2	3'29" (20s)	10,0	116	321,0	0,43	2	3'29" (20s)	10,0	1064	2662,0	0,48
3	2'28" (06s)	15,0	207	321,0	0,77	3	2'28" (06s)	15,0	1595	2662,0	0,72
4	1'54" (06s)	20,0	450	321,0	1,68	4	1'54" (06s)	20,0	2465	2662,0	1,11
5	1'33" (06s)	25,2	529	321,0	1,98	5	1'33" (06s)	25,2	2660	2662,0	1,20
		30,0						30,0			
ENSAIO 02						ENSAIO 02					
Amostra nº	Tempo Coleta	Vel. Flotação (cm/min)	Turbidez Efluente Tratado (T)	Turbidez Efluente Bruto (To)	pH = 6,24 DQO: 653 mg/L	Amostra nº	Tempo Coleta	Vel. Flotação (cm/min)	Cor aparente Efluente Tratado (C)	Cor aparente Efluente Bruto (Co)	pH = 6,24 DQO: 653 mg/L
		0,0						0,0			
1	7'00" (06s)	5,0	54,7	321,0	0,20	1	7'00" (06s)	5,0	993	2662,0	0,45
2	3'29" (20s)	10,0	62,7	321,0	0,23	2	3'29" (20s)	10,0	1044	2662,0	0,47
3	2'28" (06s)	15,0	93,9	321,0	0,35	3	2'28" (06s)	15,0	1155	2662,0	0,52
4	1'54" (06s)	20,0	228	321,0	0,85	4	1'54" (06s)	20,0	1188	2662,0	0,54
5	1'33" (06s)	25,2	299	321,0	1,12	5	1'33" (06s)	25,2	2155	2662,0	0,97
		30,0						30,0			
ENSAIO 03						ENSAIO 03					
Amostra nº	Tempo Coleta	Vel. Flotação (cm/min)	Turbidez Efluente Tratado (T)	Turbidez Efluente Bruto (To)	pH = 6,67 DQO: 641 mg/L	Amostra nº	Tempo Coleta	Vel. Flotação (cm/min)	Cor aparente Efluente Tratado (C)	Cor aparente Efluente Bruto (Co)	pH = 6,67 DQO: 641 mg/L
		0,0						0,0			
1	7'00" (06s)	5,0	51,4	321,0	0,19	1	7'00" (06s)	5,0	945	2662,0	0,43
2	3'29" (20s)	10,0	57,4	321,0	0,21	2	3'29" (20s)	10,0	990	2662,0	0,45
3	2'28" (06s)	15,0	67,4	321,0	0,25	3	2'28" (06s)	15,0	1140	2662,0	0,51
4	1'54" (06s)	20,0	89,3	321,0	0,33	4	1'54" (06s)	20,0	1140	2662,0	0,51
5	1'33" (06s)	25,2	231	321,0	0,86	5	1'33" (06s)	25,2	2150	2662,0	0,97
		30,0						30,0			
ENSAIO 04						ENSAIO 04					
Amostra nº	Tempo Coleta	Vel. Flotação (cm/min)	Turbidez Efluente Tratado (T)	Turbidez Efluente Bruto (To)	pH = 6,92 DQO: 671 mg/L	Amostra nº	Tempo Coleta	Vel. Flotação (cm/min)	Cor aparente Efluente Tratado (C)	Cor aparente Efluente Bruto (Co)	pH = 6,92 DQO: 671 mg/L
		0,0						0,0			
1	7'00" (06s)	5,0	51,9	321,0	0,19	1	7'00" (06s)	5,0	915	2662,0	0,41
2	3'29" (20s)	10,0	62,9	321,0	0,24	2	3'29" (20s)	10,0	990	2662,0	0,42
3	2'28" (06s)	15,0	100	321,0	0,37	3	2'28" (06s)	15,0	1278	2662,0	0,58
4	1'54" (06s)	20,0	124	321,0	0,46	4	1'54" (06s)	20,0	1420	2662,0	0,64
5	1'33" (06s)	25,2	145	321,0	0,54	5	1'33" (06s)	25,2	1560	2662,0	0,70
		30,0						30,0			
ENSAIO 05						ENSAIO 05					
Amostra nº	Tempo Coleta	Vel. Flotação (cm/min)	Turbidez Efluente Tratado (T)	Turbidez Efluente Bruto (To)	pH = 7,52 DQO: 706 mg/L	Amostra nº	Tempo Coleta	Vel. Flotação (cm/min)	Cor aparente Efluente Tratado (C)	Cor aparente Efluente Bruto (Co)	pH = 7,52 DQO: 706 mg/L
		0,0						0,0			
1	7'00" (06s)	5,0	55,5	311,0	0,21	1	7'00" (06s)	5,0	999	2250,0	0,53
2	3'29" (20s)	10,0	60,4	311,0	0,23	2	3'29" (20s)	10,0	951	2250,0	0,51
3	2'28" (06s)	15,0	91,5	311,0	0,35	3	2'28" (06s)	15,0	1155	2250,0	0,62
4	1'54" (06s)	20,0	116	311,0	0,45	4	1'54" (06s)	20,0	1329	2250,0	0,71
5	1'33" (06s)	25,2	229	311,0	0,88	5	1'33" (06s)	25,2	1920	2250,0	1,02
		30,0						30,0			
ENSAIO 06						ENSAIO 06					
Amostra nº	Tempo Coleta	Vel. Flotação (cm/min)	Turbidez Efluente Tratado (T)	Turbidez Efluente Bruto (To)	pH = 8,22 DQO: 745 mg/L	Amostra nº	Tempo Coleta	Vel. Flotação (cm/min)	Cor aparente Efluente Tratado (C)	Cor aparente Efluente Bruto (Co)	pH = 8,22 DQO: 745 mg/L
		0,0						0,0			
1	7'00" (06s)	5,0	59,6	311,0	0,23	1	7'00" (06s)	5,0	987	2250,0	0,53
2	3'29" (20s)	10,0	69	311,0	0,27	2	3'29" (20s)	10,0	1026	2250,0	0,55
3	2'28" (06s)	15,0	98,6	311,0	0,38	3	2'28" (06s)	15,0	1254	2250,0	0,67
4	1'54" (06s)	20,0	124	311,0	0,48	4	1'54" (06s)	20,0	1440	2250,0	0,77
5	1'33" (06s)	25,2	172	311,0	0,66	5	1'33" (06s)	25,2	1660	2250,0	0,89
		30,0						30,0			

PLANILHA C.5 – Dados de Turbidez, Cor Aparente e DQO, obtidos na primeira etapa dos ensaios de flotação relativos à primeira coleta para DCF iguais à 100 mg/l.

TURBIDEZ						COR APARENTE					
DCF = 100 mg/L						DCF = 100 mg/L					
ENSAIO 01						ENSAIO 01					
Amostra n°	Tempo Coleta	Vel. Flotação (cm/min)	Turbidez Efluente Tratado (T)	Turbidez Efluente Bruto (To)	pH = 5,74 DQO: 680 mg/L	Amostra n°	Tempo Coleta	Vel. Flotação (cm/min)	Cor aparente Efluente Tratado (C)	Cor aparente Efluente Bruto (Co)	pH = 5,74 DQO: 680 mg/L
		0,0						0,0			
1	7'00" (06s)	5,0	45,6	321,0	0,17	1	7'00" (06s)	5,0	822	2672,0	0,37
2	3'29" (20s)	10,0	56	321,0	0,21	2	3'29" (20s)	10,0	1240	2672,0	0,56
3	2'28" (06s)	15,0	97	321,0	0,36	3	2'28" (06s)	15,0	1164	2672,0	0,52
4	1'54" (06s)	20,0	260	321,0	0,97	4	1'54" (06s)	20,0	2250	2672,0	1,01
5	1'33" (06s)	25,2	323	321,0	1,21	5	1'33" (06s)	25,2	2325	2672,0	1,04
		30,0						30,0			
DCF = 200 mg/L						ENSAIO 02					
Amostra n°	Tempo Coleta	Vel. Flotação (cm/min)	Turbidez Efluente Tratado (T)	Turbidez Efluente Bruto (To)	pH = 6,16 DQO: 700 mg/L	Amostra n°	Tempo Coleta	Vel. Flotação (cm/min)	Cor aparente Efluente Tratado (C)	Cor aparente Efluente Bruto (Co)	pH = 6,16 DQO: 700 mg/L
		0,0						0,0			
1	7'00" (06s)	5,0	48	321,0	0,18	1	7'00" (06s)	5,0	993	2672,0	0,45
2	3'29" (20s)	10,0	57,4	321,0	0,21	2	3'29" (20s)	10,0	1060	2672,0	0,48
3	2'28" (06s)	15,0	69,5	321,0	0,26	3	2'28" (06s)	15,0	1113	2672,0	0,50
4	1'54" (06s)	20,0	133	321,0	0,50	4	1'54" (06s)	20,0	1668	2672,0	0,75
5	1'33" (06s)	25,2	260	321,0	0,97	5	1'33" (06s)	25,2	2475	2672,0	1,11
		30,0						30,0			
ENSAIO 03						ENSAIO 03					
Amostra n°	Tempo Coleta	Vel. Flotação (cm/min)	Turbidez Efluente Tratado (T)	Turbidez Efluente Bruto (To)	pH = 6,35 DQO: 649 mg/L	Amostra n°	Tempo Coleta	Vel. Flotação (cm/min)	Cor aparente Efluente Tratado (C)	Cor aparente Efluente Bruto (Co)	pH = 6,35 DQO: 649 mg/L
		0,0						0,0			
1	7'00" (06s)	5,0	46,1	321,0	0,17	1	7'00" (06s)	5,0	948	2672,0	0,43
2	3'29" (20s)	10,0	52,8	321,0	0,20	2	3'29" (20s)	10,0	948	2672,0	0,43
3	2'28" (06s)	15,0	84,8	321,0	0,32	3	2'28" (06s)	15,0	1224	2672,0	0,55
4	1'54" (06s)	20,0	247	321,0	0,92	4	1'54" (06s)	20,0	2315	2672,0	1,04
5	1'33" (06s)	25,2	276	321,0	1,03	5	1'33" (06s)	25,2	2520	2672,0	1,13
		30,0						30,0			
ENSAIO 04						ENSAIO 04					
Amostra n°	Tempo Coleta	Vel. Flotação (cm/min)	Turbidez Efluente Tratado (T)	Turbidez Efluente Bruto (To)	pH = 6,50 DQO: 655 mg/L	Amostra n°	Tempo Coleta	Vel. Flotação (cm/min)	Cor aparente Efluente Tratado (C)	Cor aparente Efluente Bruto (Co)	pH = 6,50 DQO: 655 mg/L
		0,0						0,0			
1	7'00" (06s)	5,0	42,4	355,0	0,14	1	7'00" (06s)	5,0	909	2890,0	0,38
2	3'29" (20s)	10,0	45,2	355,0	0,15	2	3'29" (20s)	10,0	969	2890,0	0,40
3	2'28" (06s)	15,0	65,9	355,0	0,22	3	2'28" (06s)	15,0	1132	2890,0	0,47
4	1'54" (06s)	20,0	133	355,0	0,45	4	1'54" (06s)	20,0	1600	2890,0	0,66
5	1'33" (06s)	25,2	251	355,0	0,85	5	1'33" (06s)	25,2	2205	2890,0	0,92
		30,0						30,0			
ENSAIO 05						ENSAIO 05					
Amostra n°	Tempo Coleta	Vel. Flotação (cm/min)	Turbidez Efluente Tratado (T)	Turbidez Efluente Bruto (To)	pH = 7,43 DQO: 672 mg/L	Amostra n°	Tempo Coleta	Vel. Flotação (cm/min)	Cor aparente Efluente Tratado (C)	Cor aparente Efluente Bruto (Co)	pH = 7,43 DQO: 672 mg/L
		0,0						0,0			
1	7'00" (06s)	5,0	50,8	355,0	0,17	1	7'00" (06s)	5,0	966	2890,0	0,40
2	3'29" (20s)	10,0	56,5	355,0	0,19	2	3'29" (20s)	10,0	1060	2890,0	0,44
3	2'28" (06s)	15,0	72	355,0	0,24	3	2'28" (06s)	15,0	1122	2890,0	0,47
4	1'54" (06s)	20,0	103	355,0	0,35	4	1'54" (06s)	20,0	1464	2890,0	0,61
5	1'33" (06s)	25,2	235	355,0	0,79	5	1'33" (06s)	25,2	2335	2890,0	0,97
		30,0						30,0			
ENSAIO 06						ENSAIO 06					
Amostra n°	Tempo Coleta	Vel. Flotação (cm/min)	Turbidez Efluente Tratado (T)	Turbidez Efluente Bruto (To)	pH = 8,29 DQO: 692 mg/L	Amostra n°	Tempo Coleta	Vel. Flotação (cm/min)	Cor aparente Efluente Tratado (C)	Cor aparente Efluente Bruto (Co)	pH = 8,29 DQO: 692 mg/L
		0,0						0,0			
1	7'00" (06s)	5,0	61	355,0	0,21	1	7'00" (06s)	5,0	1004	2890,0	0,42
2	3'29" (20s)	10,0	66,5	355,0	0,22	2	3'29" (20s)	10,0	972	2890,0	0,40
3	2'28" (06s)	15,0	78,3	355,0	0,26	3	2'28" (06s)	15,0	1056	2890,0	0,44
4	1'54" (06s)	20,0	114	355,0	0,39	4	1'54" (06s)	20,0	1605	2890,0	0,67
5	1'33" (06s)	25,2	190	355,0	0,64	5	1'33" (06s)	25,2	2020	2890,0	0,84
		30,0						30,0			

PLANILHA C.6 – Dados de Turbidez, Cor Aparente e DQO, obtidos na primeira etapa dos ensaios de flotação relativos à primeira coleta para DCF iguais à 120 mg/l.

TURBIDEZ						COR APARENTE					
DCF = 120 mg/L						DCF = 120 mg/L					
ENSAIO 01						ENSAIO 01					
Amostra nº	Tempo Coleta	Vel. Flotação (cm/min)	Turbidez Eficiente Tratado (T)	Turbidez Bruto (To)	pH = 5,72 DQO: 602 mg/L	Amostra nº	Tempo Coleta	Vel. Flotação (cm/min)	Cor aparente Eficiente Tratado (C)	Cor aparente Bruto (Co)	pH = 5,72 DQO: 602 mg/L
		0,0						0,0			
1	7'00" (06s)	5,0	33	355,0	0,11	1	7'00" (06s)	5,0	808	2890,0	0,34
2	3'29" (20s)	10,0	35,4	355,0	0,12	2	3'29" (20s)	10,0	800	2890,0	0,33
3	2'28" (06s)	15,0	63,8	355,0	0,22	3	2'28" (06s)	15,0	1062	2890,0	0,44
4	1'54" (06s)	20,0	46,3	355,0	0,16	4	1'54" (06s)	20,0	918	2890,0	0,38
5	1'33" (06s)	25,2	39,5	355,0	0,13	5	1'33" (06s)	25,2	1065	2890,0	0,44
		30,0						30,0			
DCF = 200 mg/L						ENSAIO 02					
Amostra nº	Tempo Coleta	Vel. Flotação (cm/min)	Turbidez Eficiente Tratado (T)	Turbidez Bruto (To)	pH = 6,16 DQO: 562 mg/L	Amostra nº	Tempo Coleta	Vel. Flotação (cm/min)	Cor aparente Eficiente Tratado (C)	Cor aparente Bruto (Co)	pH = 6,16 DQO: 562 mg/L
		0,0						0,0			
1	7'00" (06s)	5,0	17,5	355,0	0,06	1	7'00" (06s)	5,0	505	2890,0	0,21
2	3'29" (20s)	10,0	17,9	355,0	0,06	2	3'29" (20s)	10,0	512	2890,0	0,21
3	2'28" (06s)	15,0	20,7	355,0	0,07	3	2'28" (06s)	15,0	522	2890,0	0,22
4	1'54" (06s)	20,0	29,7	355,0	0,10	4	1'54" (06s)	20,0	519	2890,0	0,22
5	1'33" (06s)	25,2	73,7	355,0	0,25	5	1'33" (06s)	25,2	764	2890,0	0,32
		30,0						30,0			
ENSAIO 03						ENSAIO 03					
Amostra nº	Tempo Coleta	Vel. Flotação (cm/min)	Turbidez Eficiente Tratado (T)	Turbidez Bruto (To)	pH = 6,54 DQO: 564 mg/L	Amostra nº	Tempo Coleta	Vel. Flotação (cm/min)	Cor aparente Eficiente Tratado (C)	Cor aparente Bruto (Co)	pH = 6,54 DQO: 564 mg/L
		0,0						0,0			
1	7'00" (06s)	5,0	16,3	355,0	0,06	1	7'00" (06s)	5,0	464	2890,0	0,19
2	3'29" (20s)	10,0	16,9	355,0	0,06	2	3'29" (20s)	10,0	484	2890,0	0,20
3	2'28" (06s)	15,0	18,4	355,0	0,06	3	2'28" (06s)	15,0	501	2890,0	0,21
4	1'54" (06s)	20,0	36,2	355,0	0,12	4	1'54" (06s)	20,0	796	2890,0	0,33
5	1'33" (06s)	25,2	68,5	355,0	0,23	5	1'33" (06s)	25,2	998	2890,0	0,41
		30,0						30,0			
ENSAIO 04						ENSAIO 04					
Amostra nº	Tempo Coleta	Vel. Flotação (cm/min)	Turbidez Eficiente Tratado (T)	Turbidez Bruto (To)	pH = 6,93 DQO: 685 mg/L	Amostra nº	Tempo Coleta	Vel. Flotação (cm/min)	Cor aparente Eficiente Tratado (C)	Cor aparente Bruto (Co)	pH = 6,93 DQO: 685 mg/L
		0,0						0,0			
1	7'00" (06s)	5,0	38	355,0	0,13	1	7'00" (06s)	5,0	928	2890,0	0,39
2	3'29" (20s)	10,0	40,4	355,0	0,14	2	3'29" (20s)	10,0	868	2890,0	0,36
3	2'28" (06s)	15,0	44,1	355,0	0,15	3	2'28" (06s)	15,0	891	2890,0	0,37
4	1'54" (06s)	20,0	66,1	355,0	0,22	4	1'54" (06s)	20,0	1060	2890,0	0,44
5	1'33" (06s)	25,2	257	355,0	0,87	5	1'33" (06s)	25,2	2350	2890,0	0,98
		30,0						30,0			
ENSAIO 05						ENSAIO 05					
Amostra nº	Tempo Coleta	Vel. Flotação (cm/min)	Turbidez Eficiente Tratado (T)	Turbidez Bruto (To)	pH = 7,43 DQO: 670 mg/L	Amostra nº	Tempo Coleta	Vel. Flotação (cm/min)	Cor aparente Eficiente Tratado (C)	Cor aparente Bruto (Co)	pH = 7,43 DQO: 670 mg/L
		0,0						0,0			
1	7'00" (06s)	5,0	42,4	355,0	0,14	1	7'00" (06s)	5,0	888	2890,0	0,37
2	3'29" (20s)	10,0	47,9	355,0	0,16	2	3'29" (20s)	10,0	900	2890,0	0,37
3	2'28" (06s)	15,0	64,5	355,0	0,22	3	2'28" (06s)	15,0	1008	2890,0	0,42
4	1'54" (06s)	20,0	176	355,0	0,59	4	1'54" (06s)	20,0	1860	2890,0	0,77
5	1'33" (06s)	25,2	256	355,0	0,87	5	1'33" (06s)	25,2	2505	2890,0	1,04
		30,0						30,0			
ENSAIO 06						ENSAIO 06					
Amostra nº	Tempo Coleta	Vel. Flotação (cm/min)	Turbidez Eficiente Tratado (T)	Turbidez Bruto (To)	pH = 8,30 DQO: 674 mg/L	Amostra nº	Tempo Coleta	Vel. Flotação (cm/min)	Cor aparente Eficiente Tratado (C)	Cor aparente Bruto (Co)	pH = 8,30 DQO: 674 mg/L
		0,0						0,0			
1	7'00" (06s)	5,0	48,4	355,0	0,16	1	7'00" (06s)	5,0	873	2890,0	0,36
2	3'29" (20s)	10,0	58,5	355,0	0,20	2	3'29" (20s)	10,0	970	2890,0	0,40
3	2'28" (06s)	15,0	69,1	355,0	0,23	3	2'28" (06s)	15,0	1017	2890,0	0,42
4	1'54" (06s)	20,0	84,6	355,0	0,29	4	1'54" (06s)	20,0	1200	2890,0	0,50
5	1'33" (06s)	25,2	223	355,0	0,75	5	1'33" (06s)	25,2	2024	2890,0	0,84
		30,0						30,0			

PLANILHA C.7 – Dados de Turbidez, Cor Aparente e DQO, obtidos na primeira etapa dos ensaios de flotação relativos à primeira coleta para DCF iguais à 150 e 200 mg/l.

**TURBIDEZ**

**DCF = 150 mg/L**  
**ENSAIO 01**

Amostra n°	Tempo Coleta	Vel. Flotação (cm/min)	Turbidez Efluente Tratado (T)	Turbidez Efluente Bruto (To)	DCF = 150 mg/L pH = 6,45 DQO: 606 mg/L
		0,0			
1	7'00" (06s)	5,0	21	337,0	0,07
2	3'29" (20s)	10,0	21,6	337,0	0,08
3	2'28" (06s)	15,0	21,4	337,0	0,08
4	1'54" (06s)	20,0	25,1	337,0	0,09
5	1'33" (06s)	25,2	27,3	337,0	0,10
		30,0			

**DCF = 200 mg/L**  
**ENSAIO 01**

Amostra n°	Tempo Coleta	Vel. Flotação (cm/min)	Turbidez Efluente Tratado (T)	Turbidez Efluente Bruto (To)	DCF = 200 mg/L pH = 6,68 DQO: 613 mg/L
		0,0			
1	7'00" (06s)	5,0	26,1	337,0	0,09
2	3'29" (20s)	10,0	25,9	337,0	0,09
3	2'28" (06s)	15,0	28,3	337,0	0,10
4	1'54" (06s)	20,0	29,4	337,0	0,10
5	1'33" (06s)	25,2	34,3	337,0	0,12
		30,0			

**COR APARENTE**

**DCF = 150 mg/L**  
**ENSAIO 01**

Amostra n°	Tempo Coleta	Vel. Flotação (cm/min)	Cor aparente Efluente Tratado (C)	Cor aparente Efluente Bruto (Co)	DCF = 150 mg/L pH = 6,45 DQO: 606 mg/L
		0,0			
1	7'00" (06s)	5,0	440	4320,0	0,12
2	3'29" (20s)	10,0	444	4320,0	0,12
3	2'28" (06s)	15,0	444	4320,0	0,12
4	1'54" (06s)	20,0	474	4320,0	0,13
5	1'33" (06s)	25,2	456	4320,0	0,13
		30,0			

**DCF = 200 mg/L**  
**ENSAIO 01**

Amostra n°	Tempo Coleta	Vel. Flotação (cm/min)	Cor aparente Efluente Tratado (C)	Cor aparente Efluente Bruto (Co)	DCF = 200 mg/L pH = 6,68 DQO: 613 mg/L
		0,0			
1	7'00" (06s)	5,0	548	4320,0	0,15
2	3'29" (20s)	10,0	530	4320,0	0,15
3	2'28" (06s)	15,0	566	4320,0	0,16
4	1'54" (06s)	20,0	609	4320,0	0,17
5	1'33" (06s)	25,2	646	4320,0	0,18
		30,0			

PLANILHA C 8 – Dados de Turbidez, Cor Aparente e DQO, obtidos na segunda etapa dos ensaios de flotação relativos à primeira coleta para Tf igual à 1 minuto.

Tf=1 min		TURBIDEZ				
ENSAIO 01						
Amostra n°	Tempo Coleta	Vel. Flotação (cm/min)	Turbidez Efluente Tratado (T)	Turbidez Efluente Bruto (To)	Gf = 40 s-1 DQO: 688 mg/L	
		0,0				
1	7'00" (06s)	5,0	55,2	323,0		0,21
2	3'29" (20s)	10,0	56,7	323,0		0,21
3	2'28" (06s)	15,0	64	323,0		0,24
4	1'54" (06s)	20,0	61,3	323,0		0,23
5	1'33" (06s)	25,2	128	323,0		0,48
		30,0				
ENSAIO 02						
Amostra n°	Tempo Coleta	Vel. Flotação (cm/min)	Turbidez Efluente Tratado (T)	Turbidez Efluente Bruto (To)	Gf = 60 s-1 DQO: 688 mg/L	
		0,0				
1	7'00" (06s)	5,0	55,1	323,0		0,20
2	3'29" (20s)	10,0	57,1	323,0		0,21
3	2'28" (06s)	15,0	69,9	323,0		0,26
4	1'54" (06s)	20,0	86,2	323,0		0,32
5	1'33" (06s)	25,2	114	323,0		0,42
		30,0				
ENSAIO 03						
Amostra n°	Tempo Coleta	Vel. Flotação (cm/min)	Turbidez Efluente Tratado (T)	Turbidez Efluente Bruto (To)	Gf = 80 s-1 DQO: 710 mg/L	
		0,0				
1	7'00" (06s)	5,0	59,2	323,0		0,22
2	3'29" (20s)	10,0	60,3	323,0		0,22
3	2'28" (06s)	15,0	68,8	323,0		0,26
4	1'54" (06s)	20,0	101	323,0		0,38
5	1'33" (06s)	25,2	179	323,0		0,67
		30,0				
Tf=1 min		Cor Aparente				
ENSAIO 01						
Amostra n°	Tempo Coleta	Vel. Flotação (cm/min)	Cor Aparente Efluente Tratado (T)	Cor Aparente Efluente Bruto (To)	Gf = 40 s-1 DQO: 688 mg/L	
		0,0				
1	7'00" (06s)	5,0	1254	2350,0		0,64
2	3'29" (20s)	10,0	1071	2350,0		0,55
3	2'28" (06s)	15,0	1488	2350,0		0,76
4	1'54" (06s)	20,0	1461	2350,0		0,75
5	1'33" (06s)	25,2	2100	2350,0		1,07
		30,0				
ENSAIO 02						
Amostra n°	Tempo Coleta	Vel. Flotação (cm/min)	Cor Aparente Efluente Tratado (T)	Cor Aparente Efluente Bruto (To)	Gf = 60 s-1 DQO: 688 mg/L	
		0,0				
1	7'00" (06s)	5,0	1140	2350,0		0,58
2	3'29" (20s)	10,0	1179	2350,0		0,60
3	2'28" (06s)	15,0	1704	2350,0		0,87
4	1'54" (06s)	20,0	1360	2350,0		0,69
5	1'33" (06s)	25,2	1732	2350,0		0,88
		30,0				
ENSAIO 03						
Amostra n°	Tempo Coleta	Vel. Flotação (cm/min)	Cor Aparente Efluente Tratado (T)	Cor Aparente Efluente Bruto (To)	Gf = 80 s-1 DQO: 710 mg/L	
		0,0				
1	7'00" (06s)	5,0	978	2350,0		0,50
2	3'29" (20s)	10,0	1230	2350,0		0,63
3	2'28" (06s)	15,0	1008	2350,0		0,51
4	1'54" (06s)	20,0	1216	2350,0		0,62
5	1'33" (06s)	25,2	1896	2350,0		0,97
		30,0				

PLANILHA C.9 – Dados de Turbidez, Cor Aparente e DQO, obtidos na segunda etapa dos ensaios de flotação relativos à primeira coleta para Tf igual à 3 minutos.

**Tf=3min**  
**ENSAIO 01**

**TURBIDEZ**

Amostra n°	Tempo Coleta	Vcl.	Turbidez Efluente	Turbidez Efluente	Gf = 40 s-1 DQO: 678 mg/L
		Flotação (cm/min)	Tratado (T)	Bruto (To)	
		0,0			
1	7'00" (06s)	5,0	57,9	323,0	0,22
2	3'29" (20s)	10,0	60,1	323,0	0,22
3	2'28" (06s)	15,0	67,4	323,0	0,25
4	1'54" (06s)	20,0	84,5	323,0	0,31
5	1'33" (06s)	25,2		323,0	
		30,0			

**ENSAIO 02**

Amostra n°	Tempo Coleta	Vcl.	Turbidez Efluente	Turbidez Efluente	Gf = 60 s-1 DQO: 672 mg/L
		Flotação (cm/min)	Tratado (T)	Bruto (To)	
		0,0			
1	7'00" (06s)	5,0	51,3	323,0	0,19
2	3'29" (20s)	10,0	53,2	323,0	0,20
3	2'28" (06s)	15,0	63	323,0	0,23
4	1'54" (06s)	20,0	105	323,0	0,39
5	1'33" (06s)	25,2	194	323,0	0,72
		30,0			

**ENSAIO 03**

Amostra n°	Tempo Coleta	Vcl.	Turbidez Efluente	Turbidez Efluente	Gf = 80 s-1 DQO: 682 mg/L
		Flotação (cm/min)	Tratado (T)	Bruto (To)	
		0,0			
1	7'00" (06s)	5,0	54,8	323,0	0,20
2	3'29" (20s)	10,0	59,4	323,0	0,22
3	2'28" (06s)	15,0	68	323,0	0,25
4	1'54" (06s)	20,0	81,9	323,0	0,30
5	1'33" (06s)	25,2	162	323,0	0,60
		30,0			

**Tf=3min**  
**ENSAIO 01**

**Cor Aparente**

Amostra n°	Tempo Coleta	Vcl.	Cor Aparente Efluente	Cor Aparente Efluente	Gf = 40 s-1 DQO: 678 mg/L
		Flotação (cm/min)	Tratado (T)	Bruto (To)	
		0,0			
1	7'00" (06s)	5,0	1206	2350,0	0,62
2	3'29" (20s)	10,0	1242	2350,0	0,63
3	2'28" (06s)	15,0	1305	2350,0	0,67
4	1'54" (06s)	20,0	1233	2350,0	0,63
5	1'33" (06s)	25,2	1912	2350,0	0,98
		30,0			

**ENSAIO 02**

Amostra n°	Tempo Coleta	Vcl.	Cor Aparente Efluente	Cor Aparente Efluente	Gf = 60 s-1 DQO: 672 mg/L
		Flotação (cm/min)	Tratado (T)	Bruto (To)	
		0,0			
1	7'00" (06s)	5,0	1041	2350,0	0,53
2	3'29" (20s)	10,0	1104	2350,0	0,56
3	2'28" (06s)	15,0	1128	2350,0	0,58
4	1'54" (06s)	20,0	1218	2350,0	0,62
5	1'33" (06s)	25,2	1155	2350,0	0,59
		30,0			

**ENSAIO 03**

Amostra n°	Tempo Coleta	Vcl.	Cor Aparente Efluente	Cor Aparente Efluente	Gf = 80 s-1 DQO: 682 mg/L
		Flotação (cm/min)	Tratado (T)	Bruto (To)	
		0,0			
1	7'00" (06s)	5,0	1192	2350,0	0,61
2	3'29" (20s)	10,0	1086	2350,0	0,55
3	2'28" (06s)	15,0	1110	2350,0	0,57
4	1'54" (06s)	20,0	1290	2350,0	0,66
5	1'33" (06s)	25,2	1275	2350,0	0,65
		30,0			



PLANILHA C.10 – Dados de Turbidez, Cor Aparente e DQO, obtidos na segunda etapa dos ensaios de flotação relativos à primeira coleta para Tf igual à 6 minutos.

**Tf=6min**  
**ENSAIO 01**

Amostra nº	Tempo Coleta	Vel.	Turbidez	Turbidez	Gf = 40 s-1 DQO: 659 mg/L
		Flotação (cm/min)	Effluente Tratado (T)	Effluente Bruto (To)	
		0,0			
1	7'00" (06s)	5,0	49,1	323,0	0,18
2	3'29" (20s)	10,0	51,5	323,0	0,19
3	2'28" (06s)	15,0	59,8	323,0	0,22
4	1'54" (06s)	20,0	80,4	323,0	0,30
5	1'33" (06s)	25,2	223	323,0	0,83
		30,0			

**ENSAIO 02**

Amostra nº	Tempo Coleta	Vel.	Turbidez	Turbidez	Gf = 60 s-1 DQO: 672 mg/L
		Flotação (cm/min)	Effluente Tratado (T)	Effluente Bruto (To)	
		0,0			
1	7'00" (06s)	5,0	49,3	323,0	0,18
2	3'29" (20s)	10,0	52,1	323,0	0,19
3	2'28" (06s)	15,0	59	323,0	0,22
4	1'54" (06s)	20,0	85,1	323,0	0,32
5	1'33" (06s)	25,2	235	323,0	0,87
		30,0			

**ENSAIO 03**

Amostra nº	Tempo Coleta	Vel.	Turbidez	Turbidez	Gf = 80 s-1 DQO: 682 mg/L
		Flotação (cm/min)	Effluente Tratado (T)	Effluente Bruto (To)	
		0,0			
1	7'00" (06s)	5,0	45,3	323,0	0,17
2	3'29" (20s)	10,0	49,7	323,0	0,18
3	2'28" (06s)	15,0	67,8	323,0	0,25
4	1'54" (06s)	20,0	161	323,0	0,60
5	1'33" (06s)	25,2	261	323,0	0,97
		30,0			

**Tf=6min**  
**ENSAIO 01**

Amostra nº	Tempo Coleta	Vel.	Cor Aparente	Cor Aparente	Gf = 40 s-1 DQO: 659 mg/L
		Flotação (cm/min)	Effluente Tratado (T)	Effluente Bruto (To)	
		0,0			
1	7'00" (06s)	5,0	750	2350,0	0,38
2	3'29" (20s)	10,0	948	2350,0	0,48
3	2'28" (06s)	15,0	1029	2350,0	0,53
4	1'54" (06s)	20,0	1245	2350,0	0,64
5	1'33" (06s)	25,2	1880	2350,0	0,96
		30,0			

**ENSAIO 02**

Amostra nº	Tempo Coleta	Vel.	cor aparente	cor aparente	Gf = 60 s-1 DQO: 672 mg/L
		Flotação (cm/min)	Effluente Tratado (T)	Effluente Bruto (To)	
		0,0			
1	7'00" (06s)	5,0	966	2350,0	0,49
2	3'29" (20s)	10,0	1059	2350,0	0,54
3	2'28" (06s)	15,0	954	2350,0	0,49
4	1'54" (06s)	20,0	1230	2350,0	0,63
5	1'33" (06s)	25,2	2100	2350,0	1,07
		30,0			

**ENSAIO 03**

Amostra nº	Tempo Coleta	Vel.	cor aparente	cor aparente	Gf = 80 s-1 DQO: 682 mg/L
		Flotação (cm/min)	Effluente Tratado (T)	Effluente Bruto (To)	
		0,0			
1	7'00" (06s)	5,0	1002	2350,0	0,51
2	3'29" (20s)	10,0	978	2350,0	0,50
3	2'28" (06s)	15,0	1062	2350,0	0,54
4	1'54" (06s)	20,0	1680	2350,0	0,86
5	1'33" (06s)	25,2	2300	2350,0	1,17
		30,0			

PLANILHA C.11 – Dados de Turbidez, Cor Aparente e DQO, obtidos na segunda etapa dos ensaios de flotação relativos à primeira coleta para Tf igual à 12 minutos.

**Tf=12min**  
**ENSAIO 01**

**TURBIDEZ**

Amostra n°	Tempo Coleta	Vel.	turbidez	turbidez	Gf = 40 s-1 DQO: 649 mg/L
		Flotação (cm/min)	Efluente Tratado (T)	Efluente Bruto (To)	
		0,0			
1	7'00" (06s)	5,0	45,2	323,0	0,17
2	3'29" (20s)	10,0	44,9	323,0	0,17
3	2'28" (06s)	15,0	50,2	323,0	0,19
4	1'54" (06s)	20,0	72,2	323,0	0,27
5	1'33" (06s)	25,2	212	323,0	0,79
		30,0			

**ENSAIO 02**

Amostra n°	Tempo Coleta	Vel.	Turbidez	Turbidez	Gf = 60 s-1 DQO: 659 mg/L
		Flotação (cm/min)	Efluente Tratado (T)	Efluente Bruto (To)	
		0,0			
1	7'00" (06s)	5,0	42,8	323,0	0,16
2	3'29" (20s)	10,0	46,1	323,0	0,17
3	2'28" (06s)	15,0	65,9	323,0	0,24
4	1'54" (06s)	20,0	92,2	323,0	0,34
5	1'33" (06s)	25,2	265	323,0	0,98
		30,0			

**ENSAIO 03**

Amostra n°	Tempo Coleta	Vel.	Turbidez	Turbidez	Gf = 80 s-1 DQO: 736 mg/L
		Flotação (cm/min)	Efluente Tratado (T)	Efluente Bruto (To)	
		0,0			
1	7'00" (06s)	5,0	46,8	323,0	0,17
2	3'29" (20s)	10,0	48,7	323,0	0,19
3	2'28" (06s)	15,0	61,4	323,0	0,23
4	1'54" (06s)	20,0	119	323,0	0,44
5	1'33" (06s)	25,2	291	323,0	1,08
		30,0			

**Tf=12min**  
**ENSAIO 01**

**Cor Aparente**

Amostra n°	Tempo Coleta	Vel.	Cor Aparente	Cor Aparente	Gf = 40 s-1 DQO: 649 mg/L
		Flotação (cm/min)	Efluente Tratado (T)	Efluente Bruto (To)	
		0,0			
1	7'00" (06s)	5,0	1032	2350,0	0,53
2	3'29" (20s)	10,0	1116	2350,0	0,57
3	2'28" (06s)	15,0	984	2350,0	0,50
4	1'54" (06s)	20,0	1182	2350,0	0,60
5	1'33" (06s)	25,2	2000	2350,0	1,02
		30,0			

**ENSAIO 02**

Amostra n°	Tempo Coleta	Vel.	cor aparente	cor aparente	Gf = 60 s-1 DQO: 659 mg/L
		Flotação (cm/min)	Efluente Tratado (T)	Efluente Bruto (To)	
		0,0			
1	7'00" (06s)	5,0	798	2350,0	0,41
2	3'29" (20s)	10,0	1092	2350,0	0,56
3	2'28" (06s)	15,0	1041	2350,0	0,53
4	1'54" (06s)	20,0	1386	2350,0	0,71
5	1'33" (06s)	25,2	2565	2350,0	1,31
		30,0			

**ENSAIO 03**

Amostra n°	Tempo Coleta	Vel.	cor aparente	cor aparente	Gf = 80 s-1 DQO: 736 mg/L
		Flotação (cm/min)	Efluente Tratado (T)	Efluente Bruto (To)	
		0,0			
1	7'00" (06s)	5,0	996	2350,0	0,51
2	3'29" (20s)	10,0	1020	2350,0	0,52
3	2'28" (06s)	15,0	765	2350,0	0,39
4	1'54" (06s)	20,0	1248	2350,0	0,64
5	1'33" (06s)	25,2	2315	2350,0	1,18

PLANILHA C.12 – Dados de Turbidez, Cor Aparente e DQO, obtidos na terceira etapa dos ensaios de flotação relativos à primeira coleta para R igual à 15%.

R =15%		TURBIDEZ			
ENSAIO 01		Vel.	Turbidez	Turbidez	DQO: 699 mg/L
Amostra n°	Tempo Coleta	Flotação (cm/min)	Efluente Tratado (T)	Efluente Bruto (To)	
		0,0			
1	7'00" (06s)	5,0	51	337,0	0,17
2	3'29" (20s)	10,0	51,9	337,0	0,18
3	2'28" (06s)	15,0	62,1	337,0	0,21
4	1'54" (06s)	20,0	86,4	337,0	0,29
5	1'33" (06s)	25,2	157	337,0	0,54
		30,0			

R =15%		COR APARENTE			
ENSAIO 01		Vel.	Cor Aparente	Cor Aparente	DQO: 699 mg/L
Amostra n°	Tempo Coleta	Flotação (cm/min)	Efluente Tratado (T)	Efluente Bruto (To)	
		0,0			
1	7'00" (06s)	5,0	1352	4320,0	0,36
2	3'29" (20s)	10,0	1320	4320,0	0,35
3	2'28" (06s)	15,0	1372	4320,0	0,37
4	1'54" (06s)	20,0	1596	4320,0	0,42
5	1'33" (06s)	25,2	2065	4320,0	0,55
		30,0			

PLANILHA C.13 – Dados de Turbidez, Cor Aparente e DQO, obtidos na segunda etapa dos ensaios de flotação relativos à primeira coleta para R igual à 20%.

R =20%		TURBIDEZ				DQO: 703 mg/L
ENSAIO 02		Vel.	Turbidez	Turbidez		
Amostra	Tempo	Flotação	Efluente	Efluente		
n°	Coleta	(cm/min)	Tratado (T)	Bruto (To)		
		0,0				
1	7'00" (06s)	5,0	46,4	337,0		0,17
2	3'29" (20s)	10,0	52	337,0		0,19
3	2'28" (06s)	15,0	82,8	337,0		0,29
4	1'54" (06s)	20,0	104	337,0		0,37
5	1'33" (06s)	25,2	120	337,0		0,43
		30,0				

R =20%		COR APARENTE				DQO: 703 mg/L
ENSAIO 02		Vel.	Cor Aparente	Cor Aparente		
Amostra	Tempo	Flotação	Efluente	Efluente		
n°	Coleta	(cm/min)	Tratado (T)	Bruto (To)		
		0,0				
1	7'00" (06s)	5,0	1218	4320,0		0,34
2	3'29" (20s)	10,0	1200	4320,0		0,33
3	2'28" (06s)	15,0	1520	4320,0		0,42
4	1'54" (06s)	20,0	1572	4320,0		0,44
5	1'33" (06s)	25,2	1920	4320,0		0,53
		30,0				

PLANILHA C.14 – Dados de Turbidez, Cor Aparente e DQO, obtidos na segunda etapa dos ensaios de flotação relativos à primeira coleta para R igual à 30%.

R =30%		TURBIDEZ				
ENSAIO 03		Vel.	Turbidez	Turbidez	DQO: 720 mg/L	
Amostra	Tempo	Flotação	Efluente	Efluente		
n°	Coleta	(cm/min)	Tratado (T)	Bruto (To)		
		0,0				
1	7'00" (06s)	5,0	48,7	337,0	0,19	
2	3'29" (20s)	10,0	50,6	337,0	0,20	
3	2'28" (06s)	15,0	58,7	337,0	0,23	
4	1'54" (06s)	20,0	75,1	337,0	0,29	
5	1'33" (06s)	25,2	218	337,0	0,84	
		30,0				

R =30%		COR APARENTE				
ENSAIO 03		Vel.	Cor Aparente	Cor Aparente	DQO: 720 mg/L	
Amostra	Tempo	Flotação	Efluente	Efluente		
n°	Coleta	(cm/min)	Tratado (T)	Bruto (To)		
		0,0				
1	7'00" (06s)	5,0	1200	4320,0	0,36	
2	3'29" (20s)	10,0	1200	4320,0	0,36	
3	2'28" (06s)	15,0	1260	4320,0	0,38	
4	1'54" (06s)	20,0	1425	4320,0	0,43	
5	1'33" (06s)	25,2	2535	4320,0	0,76	
		30,0				

PLANILHA C 15 – Dados de Turbidez, Cor Aparente e DQO, obtidos na terceira etapa dos ensaios de flotação relativos à primeira coleta para R igual à 40%.

R =40%		TURBIDEZ			
ENSAIO 04		Vel.	Turbidez	Turbidez	DQO: 727 mg/L
Amostra n°	Tempo Coleta	Flotação (cm/min)	Efluente Tratado (T)	Efluente Bruto (To)	
		0,0			
1	7'00" (06s)	5,0	46,6	337,0	0,19
2	3'29" (20s)	10,0	48,3	337,0	0,20
3	2'28" (06s)	15,0	61,1	337,0	0,25
4	1'54" (06s)	20,0	108	337,0	0,45
5	1'33" (06s)	25,2	183	337,0	0,76
		30,0			

R =40%		COR APARENTE			
ENSAIO 04		Vel.	Cor Aparente	Cor Aparente	DQO: 727 mg/L
Amostra n°	Tempo Coleta	Flotação (cm/min)	Efluente Tratado (T)	Efluente Bruto (To)	
		0,0			
1	7'00" (06s)	5,0	1095	4320,0	0,35
2	3'29" (20s)	10,0	1155	4320,0	0,37
3	2'28" (06s)	15,0	1281	4320,0	0,42
4	1'54" (06s)	20,0	1740	4320,0	0,56
5	1'33" (06s)	25,2	2125	4320,0	0,69
		30,0			

## **ANEXO D**

**Dados obtidos nos ensaios de tratabilidade realizados com o flotatestes para as amostras coletadas na indústria de conservas alimentícias referente à segunda coleta.**

PLANILHA DI – Dados de Turbidez, Cor aparente e DQO, obtidos na primeira etapa dos ensaios de flotação relativos à segunda coleta para DCF iguais à 0 mg/l.

DCF = 0 mg/L

ENSAIO 01

TURBIDEZ

Amostra nº	Tempo Coleta	Vel.	Turbidez	Turbidez	pH = 6,01 DQO: 544 mg/L
		Flotação (cm/min)	Efluente Tratado (T)	Efluente Bruto (To)	
		0,0			
1	7'00" (06s)	5,0	115	296,0	0,45
2	3'29" (20s)	10,0	115	296,0	0,45
3	2'28" (06s)	15,0	120	296,0	0,47
4	1'54" (06s)	20,0	124	296,0	0,48
5	1'33" (06s)	25,2	138	296,0	0,54
		30,0			

ENSAIO 02

Amostra nº	Tempo Coleta	Vel.	Turbidez	Turbidez	pH = 6,44 DQO: 569 mg/L
		Flotação (cm/min)	Efluente Tratado (T)	Efluente Bruto (To)	
		0,0			
1	7'00" (06s)	5,0	112	296,0	0,44
2	3'29" (20s)	10,0	117	296,0	0,45
3	2'28" (06s)	15,0	122	296,0	0,47
4	1'54" (06s)	20,0	138	296,0	0,54
5	1'33" (06s)	25,2	114	296,0	0,44
		30,0			

ENSAIO 03

Amostra nº	Tempo Coleta	Vel.	Turbidez	Turbidez	pH = 7,03 DQO: 582 mg/L
		Flotação (cm/min)	Efluente Tratado (T)	Efluente Bruto (To)	
		0,0			
1	7'00" (06s)	5,0	95,1	296,0	0,37
2	3'29" (20s)	10,0	102	296,0	0,40
3	2'28" (06s)	15,0	115	296,0	0,45
4	1'54" (06s)	20,0	119	296,0	0,46
5	1'33" (06s)	25,2	146	296,0	0,57
		30,0			

DCF = 0 mg/L

ENSAIO 01

COR APARENTE

Amostra nº	Tempo Coleta	Vel.	Cor Aparente	Cor Aparente	pH = 6,01 DQO: 544 mg/L
		Flotação (cm/min)	Efluente Tratado (C)	Efluente Bruto (Co)	
		0,0			
1	7'00" (06s)	5,0	1300	2360,0	0,63
2	3'29" (20s)	10,0	1304	2360,0	0,64
3	2'28" (06s)	15,0	1332	2360,0	0,65
4	1'54" (06s)	20,0	1240	2360,0	0,60
5	1'33" (06s)	25,2	1284	2360,0	0,63
		30,0			

ENSAIO 02

Amostra nº	Tempo Coleta	Vel.	Cor Aparente	Cor Aparente	pH = 6,44 DQO: 569 mg/L
		Flotação (cm/min)	Efluente Tratado (C)	Efluente Bruto (Co)	
		0,0			
1	7'00" (06s)	5,0	1252	2360,0	0,61
2	3'29" (20s)	10,0	1336	2360,0	0,65
3	2'28" (06s)	15,0	1240	2360,0	0,60
4	1'54" (06s)	20,0	1380	2360,0	0,67
5	1'33" (06s)	25,2	1200	2360,0	0,58
		30,0			

ENSAIO 03

Amostra nº	Tempo Coleta	Vel.	Cor Aparente	Cor Aparente	pH = 7,03 DQO: 582 mg/L
		Flotação (cm/min)	Efluente Tratado (C)	Efluente Bruto (Co)	
		0,0			
1	7'00" (06s)	5,0	1196	2360,0	0,58
2	3'29" (20s)	10,0	1112	2360,0	0,54
3	2'28" (06s)	15,0	1256	2360,0	0,61
4	1'54" (06s)	20,0	1184	2360,0	0,58
5	1'33" (06s)	25,2	1316	2360,0	0,64
		30,0			



PLANILHA D.2 – Dados de Turbidez, Cor Aparente e DQO, obtidos na primeira etapa dos ensaios de flotação relativos à segunda coleta para DCF iguais à 80 mg/l.

DCF = 80 mg/L

ENSAIO 01

TURBIDEZ

Amostra n°	Tempo Coleta	Vel. Flotação (cm/min)	Turbidez Efluente Tratado (T)	Turbidez Efluente Bruto (To)	pH = 6,10 DQO: 362 mg/L
		0,0			
1	7'00" (06s)	5,0	2,97	296,0	0,01
2	3'29" (20s)	10,0	2,97	296,0	0,01
3	2'28" (06s)	15,0	3,27	296,0	0,01
4	1'54" (06s)	20,0	5,18	296,0	0,02
5	1'33" (06s)	25,2	17,2	296,0	0,07
		30,0			

ENSAIO 02

Amostra n°	Tempo Coleta	Vel. Flotação (cm/min)	Turbidez Efluente Tratado (T)	Turbidez Efluente Bruto (To)	pH = 6,46 DQO: 369 mg/L
		0,0			
1	7'00" (06s)	5,0	3,08	296,0	0,01
2	3'29" (20s)	10,0	3,13	296,0	0,01
3	2'28" (06s)	15,0	3,69	296,0	0,01
4	1'54" (06s)	20,0	6,41	296,0	0,02
5	1'33" (06s)	25,2	18	296,0	0,07
		30,0			

ENSAIO 03

Amostra n°	Tempo Coleta	Vel. Flotação (cm/min)	Turbidez Efluente Tratado (T)	Turbidez Efluente Bruto (To)	pH = 6,91 DQO: 386 mg/L
		0,0			
1	7'00" (06s)	5,0	7,44	296,0	0,03
2	3'29" (20s)	10,0	9,14	296,0	0,04
3	2'28" (06s)	15,0	8,35	296,0	0,03
4	1'54" (06s)	20,0	14	296,0	0,05
5	1'33" (06s)	25,2	27,1	296,0	0,11
		30,0			

DCF = 80 mg/L

ENSAIO 01

COR APARENTE

Amostra n°	Tempo Coleta	Vel. Flotação (cm/min)	Cor Aparente Efluente Tratado (C)	Cor Aparente Efluente Bruto (Co)	pH = 6,10 DQO: 362 mg/L
		0,0			
1	7'00" (06s)	5,0	85	2360,0	0,04
2	3'29" (20s)	10,0	84	2360,0	0,04
3	2'28" (06s)	15,0	91	2360,0	0,04
4	1'54" (06s)	20,0	109	2360,0	0,05
5	1'33" (06s)	25,2	183	2360,0	0,09
		30,0			

ENSAIO 02

Amostra n°	Tempo Coleta	Vel. Flotação (cm/min)	Cor Aparente Efluente Tratado (C)	Cor Aparente Efluente Bruto (Co)	pH = 6,46 DQO: 369 mg/L
		0,0			
1	7'00" (06s)	5,0	87	2360,0	0,04
2	3'29" (20s)	10,0	96	2360,0	0,05
3	2'28" (06s)	15,0	125	2360,0	0,06
4	1'54" (06s)	20,0	150	2360,0	0,07
5	1'33" (06s)	25,2	215	2360,0	0,10
		30,0			

ENSAIO 03

Amostra n°	Tempo Coleta	Vel. Flotação (cm/min)	Cor Aparente Efluente Tratado (C)	Cor Aparente Efluente Bruto (Co)	pH = 6,91 DQO: 386 mg/L
		0,0			
1	7'00" (06s)	5,0	397	2360,0	0,19
2	3'29" (20s)	10,0	389	2360,0	0,19
3	2'28" (06s)	15,0	419	2360,0	0,20
4	1'54" (06s)	20,0	419	2360,0	0,20
5	1'33" (06s)	25,2	446	2360,0	0,22
		30,0			

PLANILHA D.3 – Dados de Turbidez, Cor Aparente e DQO, obtidos na primeira etapa dos ensaios de flotação relativos à segunda coleta para DCF iguais à 100 mg/l.

DCF = 100 mg/L

ENSAIO 01

TURBIDEZ

Amostra n°	Tempo Coleta	Vel. Flotação (cm/min)	Turbidez Efluente Tratado (T)	Turbidez Efluente Bruto (To)	pH = 6,02 DQO: 373 mg/L
		0,0			
1	7'00" (06s)	5,0	3,09	296,0	0,01
2	3'29" (20s)	10,0	1,88	296,0	0,01
3	2'28" (06s)	15,0	4,73	296,0	0,02
4	1'54" (06s)	20,0	10,8	296,0	0,04
5	1'33" (06s)	25,2	12,2	296,0	0,05
		30,0			

ENSAIO 02

Amostra n°	Tempo Coleta	Vel. Flotação (cm/min)	Turbidez Efluente Tratado (T)	Turbidez Efluente Bruto (To)	pH = 6,49 DQO: 400 mg/L
		0,0			
1	7'00" (06s)	5,0	11,5	296,0	0,04
2	3'29" (20s)	10,0	11,1	296,0	0,04
3	2'28" (06s)	15,0	9,95	296,0	0,04
4	1'54" (06s)	20,0	11,5	296,0	0,04
5	1'33" (06s)	25,2	12,4	296,0	0,05
		30,0			

ENSAIO 03

Amostra n°	Tempo Coleta	Vel. Flotação (cm/min)	Turbidez Efluente Tratado (T)	Turbidez Efluente Bruto (To)	pH = 6,96 DQO: 396 mg/L
		0,0			
1	7'00" (06s)	5,0	16,2	296,0	0,06
2	3'29" (20s)	10,0	15,3	296,0	0,06
3	2'28" (06s)	15,0	18,2	296,0	0,07
4	1'54" (06s)	20,0	18,4	296,0	0,07
5	1'33" (06s)	25,2	17,8	296,0	0,07
		30,0			

DCF = 100 mg/L

ENSAIO 01

COR APARENTE

Amostra n°	Tempo Coleta	Vel. Flotação (cm/min)	Cor Aparente Efluente Tratado (C)	Cor Aparente Efluente Bruto (Co)	pH = 6,02 DQO: 373 mg/L
		0,0			
1	7'00" (06s)	5,0	72	2360,0	0,04
2	3'29" (20s)	10,0	70	2360,0	0,03
3	2'28" (06s)	15,0	93	2360,0	0,05
4	1'54" (06s)	20,0	159	2360,0	0,07
5	1'33" (06s)	25,2	197	2360,0	0,10
		30,0			

ENSAIO 02

Amostra n°	Tempo Coleta	Vel. Flotação (cm/min)	Cor Aparente Efluente Tratado (C)	Cor Aparente Efluente Bruto (Co)	pH = 6,49 DQO: 400 mg/L
		0,0			
1	7'00" (06s)	5,0	399	2360,0	0,19
2	3'29" (20s)	10,0	365	2360,0	0,18
3	2'28" (06s)	15,0	334	2360,0	0,16
4	1'54" (06s)	20,0	391	2360,0	0,19
5	1'33" (06s)	25,2	401	2360,0	0,20
		30,0			

ENSAIO 03

Amostra n°	Tempo Coleta	Vel. Flotação (cm/min)	Cor Aparente Efluente Tratado (C)	Cor Aparente Efluente Bruto (Co)	pH = 6,96 DQO: 396 mg/L
		0,0			
1	7'00" (06s)	5,0	478	2360,0	0,23
2	3'29" (20s)	10,0	477	2360,0	0,23
3	2'28" (06s)	15,0	233	2360,0	0,11
4	1'54" (06s)	20,0	509	2360,0	0,25
5	1'33" (06s)	25,2	436	2360,0	0,21
		30,0			

PLANILHAD.4 – Dados de Turbidez, Cor Aparente e DQO, obtidos na primeira etapa dos ensaios de flotação relativos à segunda coleta para DCF iguais à 120 mg/l.

DCF=120 mg/L		TURBIDEZ			
ENSAIO 01					
Amostra n°	Tempo Coleta	Vel. Flotação (cm/min)	Turbidez Efluente Tratado (T)	Turbidez Efluente Bruto (To)	pH = 6,07 DQO: 367 mg/L
		0,0			
1	7'00" (06s)	5,0	4,27	296,0	0,02
2	3'29" (20s)	10,0	5,23	296,0	0,02
3	2'28" (06s)	15,0	4,55	296,0	0,02
4	1'54" (06s)	20,0	4,94	296,0	0,02
5	1'33" (06s)	25,2	8,2	296,0	0,03
		30,0			

DCF=120 mg/L		TURBIDEZ			
ENSAIO 02					
Amostra n°	Tempo Coleta	Vel. Flotação (cm/min)	Turbidez Efluente Tratado (T)	Turbidez Efluente Bruto (To)	pH = 6,48 DQO: 362 mg/L
		0,0			
1	7'00" (06s)	5,0	7,77	296,0	0,03
2	3'29" (20s)	10,0	7,64	296,0	0,03
3	2'28" (06s)	15,0	7,36	296,0	0,03
4	1'54" (06s)	20,0	10,2	296,0	0,04
5	1'33" (06s)	25,2	17,6	296,0	0,07
		30,0			

DCF=120 mg/L		TURBIDEZ			
ENSAIO 03					
Amostra n°	Tempo Coleta	Vel. Flotação (cm/min)	Turbidez Efluente Tratado (T)	Turbidez Efluente Bruto (To)	pH = 6,93 DQO: 371 mg/L
		0,0			
1	7'00" (06s)	5,0	7,68	296,0	0,03
2	3'29" (20s)	10,0	9,15	296,0	0,04
3	2'28" (06s)	15,0	9,07	296,0	0,04
4	1'54" (06s)	20,0	8,22	296,0	0,03
5	1'33" (06s)	25,2	13,9	296,0	0,05
		30,0			

DCF=120 mg/L		COR APARENTE			
ENSAIO 01					
Amostra n°	Tempo Coleta	Vel. Flotação (cm/min)	Cor Aparente Efluente Tratado (C)	Cor Aparente Efluente Bruto (Co)	pH = 6,07 DQO: 367 mg/L
		0,0			
1	7'00" (06s)	5,0	130	2360,0	0,06
2	3'29" (20s)	10,0	123	2360,0	0,06
3	2'28" (06s)	15,0	127	2360,0	0,06
4	1'54" (06s)	20,0	127	2360,0	0,06
5	1'33" (06s)	25,2	151	2360,0	0,07
		30,0			

DCF=120 mg/L		COR APARENTE			
ENSAIO 02					
Amostra n°	Tempo Coleta	Vel. Flotação (cm/min)	Cor Aparente Efluente Tratado (C)	Cor Aparente Efluente Bruto (Co)	pH = 6,48 DQO: 362 mg/L
		0,0			
1	7'00" (06s)	5,0	247	2360,0	0,12
2	3'29" (20s)	10,0	249	2360,0	0,12
3	2'28" (06s)	15,0	262	2360,0	0,13
4	1'54" (06s)	20,0	288	2360,0	0,14
5	1'33" (06s)	25,2	367	2360,0	0,18
		30,0			

DCF=120 mg/L		COR APARENTE			
ENSAIO 03					
Amostra n°	Tempo Coleta	Vel. Flotação (cm/min)	Cor Aparente Efluente Tratado (C)	Cor Aparente Efluente Bruto (Co)	pH = 6,93 DQO: 371 mg/L
		0,0			
1	7'00" (06s)	5,0	270	2360,0	0,13
2	3'29" (20s)	10,0	327	2360,0	0,16
3	2'28" (06s)	15,0	308	2360,0	0,15
4	1'54" (06s)	20,0	261	2360,0	0,13
5	1'33" (06s)	25,2	366	2360,0	0,18
		30,0			

PLANILHA D.5 – Dados de Turbidez, Cor Aparente e DQO, obtidos na primeira etapa dos ensaios de flotação relativos à segunda coleta para DCF iguais à 150 mg/l.

DCF=150 mg/L

ENSAIO 01

TURBIDEZ

Amostra n°	Tempo Coleta	Vel. Flotação (cm/min)	Turbidez Efluente Tratado (T)	Turbidez Efluente Bruto (To)	pH = 6,08 DQO: 373 mg/L
		0,0			
1	7'00" (06s)	5,0	1,76	296,0	0,01
2	3'29" (20s)	10,0	1,89	296,0	0,01
3	2'28" (06s)	15,0	2,29	296,0	0,01
4	1'54" (06s)	20,0	6,96	296,0	0,03
5	1'33" (06s)	25,2	21,4	296,0	0,08
		30,0			

ENSAIO 02

Amostra n°	Tempo Coleta	Vel. Flotação (cm/min)	Turbidez Efluente Tratado (T)	Turbidez Efluente Bruto (To)	pH = 6,47 DQO: 386 mg/L
		0,0			
1	7'00" (06s)	5,0	4,87	296,0	0,02
2	3'29" (20s)	10,0	3,98	296,0	0,02
3	2'28" (06s)	15,0	3,35	296,0	0,01
4	1'54" (06s)	20,0	9,42	296,0	0,04
5	1'33" (06s)	25,2	17,3	296,0	0,07
		30,0			

ENSAIO 03

Amostra n°	Tempo Coleta	Vel. Flotação (cm/min)	Turbidez Efluente Tratado (T)	Turbidez Efluente Bruto (To)	pH = 6,95 DQO: 366 mg/L
		0,0			
1	7'00" (06s)	5,0	9,67	296,0	0,04
2	3'29" (20s)	10,0	11,9	296,0	0,05
3	2'28" (06s)	15,0	8,74	296,0	0,03
4	1'54" (06s)	20,0	10,9	296,0	0,04
5	1'33" (06s)	25,2	14,1	296,0	0,05
		30,0			

DCF=150 mg/L

ENSAIO 01

COR APARENTE

Amostra n°	Tempo Coleta	Vel. Flotação (cm/min)	Cor Aparente Efluente Tratado (C)	Cor Aparente Efluente Bruto (Co)	pH = 6,08 DQO: 373 mg/L
		0,0			
1	7'00" (06s)	5,0	43	2360,0	0,02
2	3'29" (20s)	10,0	41	2360,0	0,02
3	2'28" (06s)	15,0	56	2360,0	0,03
4	1'54" (06s)	20,0	110	2360,0	0,05
5	1'33" (06s)	25,2	260	2360,0	0,13
		30,0			

ENSAIO 02

Amostra n°	Tempo Coleta	Vel. Flotação (cm/min)	Cor Aparente Efluente Tratado (C)	Cor Aparente Efluente Bruto (Co)	pH = 6,47 DQO: 386 mg/L
		0,0			
1	7'00" (06s)	5,0	126	2360,0	0,06
2	3'29" (20s)	10,0	134	2360,0	0,07
3	2'28" (06s)	15,0	131	2360,0	0,06
4	1'54" (06s)	20,0	228	2360,0	0,11
5	1'33" (06s)	25,2	296	2360,0	0,14
		30,0			

ENSAIO 03

Amostra n°	Tempo Coleta	Vel. Flotação (cm/min)	Cor Aparente Efluente Tratado (C)	Cor Aparente Efluente Bruto (Co)	pH = 6,95 DQO: 366 mg/L
		0,0			
1	7'00" (06s)	5,0	330	2360,0	0,16
2	3'29" (20s)	10,0	362	2360,0	0,18
3	2'28" (06s)	15,0	301	2360,0	0,15
4	1'54" (06s)	20,0	292	2360,0	0,14
5	1'33" (06s)	25,2	390	2360,0	0,19
		30,0			

PLANILHA D.6 – Dados de Turbidez, Cor aparente e DQO, obtidos na primeira etapa dos ensaios de flotação relativos à segunda coleta para DCF iguais à 180mg/l.

DCF = 180 mg/L		TURBIDEZ			
ENSAIO 01		Vel.	Turbidez	Turbidez	pH = 6.03
Amostra	Tempo	Flotação	Efluente	Efluente	DQO: 352 mg/L
n°	Coleta	(cm/min)	Tratado (T)	Bruto (To)	
		0,0			
1	7'00" (06s)	5,0	1,24	296,0	0,00
2	3'29" (20s)	10,0	1,86	296,0	0,01
3	2'28" (06s)	15,0	6,15	296,0	0,02
4	1'54" (06s)	20,0	12,5	296,0	0,05
5	1'33" (06s)	25,2	28,5	296,0	0,11
		30,0			

ENSAIO 02		Vel.	Turbidez	Turbidez	pH = 6.42
Amostra	Tempo	Flotação	Efluente	Efluente	DQO: 358 mg/L
n°	Coleta	(cm/min)	Tratado (T)	Bruto (To)	
		0,0			
1	7'00" (06s)	5,0	2	296,0	0,01
2	3'29" (20s)	10,0	1,93	296,0	0,01
3	2'28" (06s)	15,0	2,56	296,0	0,01
4	1'54" (06s)	20,0	6,87	296,0	0,03
5	1'33" (06s)	25,2	18,1	296,0	0,07
		30,0			

ENSAIO 03		Vel.	Turbidez	Turbidez	pH = 6.91
Amostra	Tempo	Flotação	Efluente	Efluente	DQO: 371 mg/L
n°	Coleta	(cm/min)	Tratado (T)	Bruto (To)	
		0,0			
1	7'00" (06s)	5,0	7,44	296,0	0,03
2	3'29" (20s)	10,0	9,14	296,0	0,04
3	2'28" (06s)	15,0	8,35	296,0	0,03
4	1'54" (06s)	20,0	14	296,0	0,05
5	1'33" (06s)	25,2	27,1	296,0	0,11
		30,0			

DCF = 180 mg/L		COR APARENTE			
ENSAIO 01		Vel.	Cor Aparente	Cor Aparente	pH = 6.03
Amostra	Tempo	Flotação	Efluente	Efluente	DQO: 352 mg/L
n°	Coleta	(cm/min)	Tratado (C)	Bruto (Co)	
		0,0			
1	7'00" (06s)	5,0	20	2360,0	0,01
2	3'29" (20s)	10,0	23	2360,0	0,01
3	2'28" (06s)	15,0	71	2360,0	0,03
4	1'54" (06s)	20,0	183	2360,0	0,09
5	1'33" (06s)	25,2	256	2360,0	0,12
		30,0			

ENSAIO 02		Vel.	Cor Aparente	Cor Aparente	pH = 6.42
Amostra	Tempo	Flotação	Efluente	Efluente	DQO: 358 mg/L
n°	Coleta	(cm/min)	Tratado (C)	Bruto (Co)	
		0,0			
1	7'00" (06s)	5,0	67	2360,0	0,03
2	3'29" (20s)	10,0	48	2360,0	0,02
3	2'28" (06s)	15,0	69	2360,0	0,03
4	1'54" (06s)	20,0	122	2360,0	0,06
5	1'33" (06s)	25,2	262	2360,0	0,13
		30,0			

ENSAIO 03		Vel.	Cor Aparente	Cor Aparente	pH = 6.91
Amostra	Tempo	Flotação	Efluente	Efluente	DQO: 371 mg/L
n°	Coleta	(cm/min)	Tratado (C)	Bruto (Co)	
		0,0			
1	7'00" (06s)	5,0	308	2360,0	0,15
2	3'29" (20s)	10,0	324	2360,0	0,16
3	2'28" (06s)	15,0	330	2360,0	0,16
4	1'54" (06s)	20,0	366	2360,0	0,18
5	1'33" (06s)	25,2	485	2360,0	0,24
		30,0			

PLANILHA D.6 – Dados de Turbidez, Cor Aparente e DQO, obtidos na primeira etapa dos ensaios de flotação relativos à segunda coleta para DCF iguais à 240 mg/l.

**DCF = 240 mg/L**      **TURBIDEZ**

**ENSAIO 01**

Amostra n°	Tempo Coleta	Vel.	Turbidez	Turbidez	pH = 5,80 DQO: 372 mg/L
		Flotação (cm/min)	Efluente Tratado (T)	Efluente Bruto (To)	
		0,0			
1	7'00" (06s)	5,0	0,7	296,0	0,00
2	3'29" (20s)	10,0	0,89	296,0	0,00
3	2'28" (06s)	15,0	2,46	296,0	0,01
4	1'54" (06s)	20,0	3,86	296,0	0,01
5	1'33" (06s)	25,2	14,6	296,0	0,06
		30,0			

**ENSAIO 02**

Amostra n°	Tempo Coleta	Vel.	Turbidez	Turbidez	pH = 6,38 DQO: 396 mg/L
		Flotação (cm/min)	Efluente Tratado (T)	Efluente Bruto (To)	
		0,0			
1	7'00" (06s)	5,0	0,84	296,0	0,00
2	3'29" (20s)	10,0	0,82	296,0	0,00
3	2'28" (06s)	15,0	2,29	296,0	0,01
4	1'54" (06s)	20,0	5,2	296,0	0,02
5	1'33" (06s)	25,2	10,3	296,0	0,04
		30,0			

**ENSAIO 03**

Amostra n°	Tempo Coleta	Vel.	Turbidez	Turbidez	pH = 6,97 DQO: 398 mg/L
		Flotação (cm/min)	Efluente Tratado (T)	Efluente Bruto (To)	
		0,0			
1	7'00" (06s)	5,0	2,2	296,0	0,01
2	3'29" (20s)	10,0	1,9	296,0	0,01
3	2'28" (06s)	15,0	3,95	296,0	0,02
4	1'54" (06s)	20,0	11,4	296,0	0,04
5	1'33" (06s)	25,2	31,4	296,0	0,12
		30,0			

**DCF = 240 mg/L**      **COR APARENTE**

**ENSAIO 01**

Amostra n°	Tempo Coleta	Vel.	Cor Aparente	Cor Aparente	pH = 5,80 DQO: 372 mg/L
		Flotação (cm/min)	Efluente Tratado (C)	Efluente Bruto (Co)	
		0,0			
1	7'00" (06s)	5,0	11	2360,0	0,01
2	3'29" (20s)	10,0	15	2360,0	0,01
3	2'28" (06s)	15,0	46	2360,0	0,02
4	1'54" (06s)	20,0	69	2360,0	0,03
5	1'33" (06s)	25,2	186	2360,0	0,09
		30,0			

**ENSAIO 02**

Amostra n°	Tempo Coleta	Vel.	Cor Aparente	Cor Aparente	pH = 6,38 DQO: 396 mg/L
		Flotação (cm/min)	Efluente Tratado (C)	Efluente Bruto (Co)	
		0,0			
1	7'00" (06s)	5,0	29	2360,0	0,01
2	3'29" (20s)	10,0	25	2360,0	0,01
3	2'28" (06s)	15,0	56	2360,0	0,03
4	1'54" (06s)	20,0	126	2360,0	0,06
5	1'33" (06s)	25,2	185	2360,0	0,09
		30,0			

**ENSAIO 03**

Amostra n°	Tempo Coleta	Vel.	Cor Aparente	Cor Aparente	pH = 6,97 DQO: 398 mg/L
		Flotação (cm/min)	Efluente Tratado (C)	Efluente Bruto (Co)	
		0,0			
1	7'00" (06s)	5,0	62	2360,0	0,03
2	3'29" (20s)	10,0	69	2360,0	0,03
3	2'28" (06s)	15,0	113	2360,0	0,06
4	1'54" (06s)	20,0	292	2360,0	0,14
5	1'33" (06s)	25,2	470	2360,0	0,23
		30,0			

PLANILHA D.8 – Dados de Turbidez, Cor Aparente e DQO, obtidos na primeira etapa dos ensaios de flotação relativos à segunda coleta para DCF iguais à 300 mg/l.

**DCF = 300 mg/L**

**ENSAIO 01**

Amostra nº	Tempo Coleta	Vel.	Turbidez	Turbidez	pH = 6,09 DQO: 373 mg/L
		Flotação (cm/min)	Efluente Tratado (T)	Efluente Bruto (To)	
		0,0			
1	7'00" (06s)	5,0	1,02	296,0	0,00
2	3'29" (20s)	10,0	1,35	296,0	0,01
3	2'28" (06s)	15,0	1,26	296,0	0,00
4	1'54" (06s)	20,0	5,12	296,0	0,02
5	1'33" (06s)	25,2	6,8	296,0	0,03
		30,0			

**ENSAIO 02**

Amostra nº	Tempo Coleta	Vel.	Turbidez	Turbidez	pH = 6,50 DQO: 380 mg/L
		Flotação (cm/min)	Efluente Tratado (T)	Efluente Bruto (To)	
		0,0			
1	7'00" (06s)	5,0	1,48	296,0	0,01
2	3'29" (20s)	10,0	1,27	296,0	0,00
3	2'28" (06s)	15,0	2,45	296,0	0,01
4	1'54" (06s)	20,0	1,88	296,0	0,01
5	1'33" (06s)	25,2	3,37	296,0	0,01
		30,0			

**ENSAIO 03**

Amostra nº	Tempo Coleta	Vel.	Turbidez	Turbidez	pH = 6,89 DQO: 384 mg/L
		Flotação (cm/min)	Efluente Tratado (T)	Efluente Bruto (To)	
		0,0			
1	7'00" (06s)	5,0	2,02	296,0	0,01
2	3'29" (20s)	10,0	2,64	296,0	0,01
3	2'28" (06s)	15,0	4,6	296,0	0,02
4	1'54" (06s)	20,0	7,36	296,0	0,03
5	1'33" (06s)	25,2	12,7	296,0	0,05
		30,0			

**DCF = 300 mg/L**

**ENSAIO 01**

Amostra nº	Tempo Coleta	Vel.	Cor Aparente	Cor Aparente	pH = 6,09 DQO: 373 mg/L
		Flotação (cm/min)	Efluente Tratado (C)	Efluente Bruto (Co)	
		0,0			
1	7'00" (06s)	5,0	16	2360,0	0,01
2	3'29" (20s)	10,0	20	2360,0	0,01
3	2'28" (06s)	15,0	34	2360,0	0,02
4	1'54" (06s)	20,0	93	2360,0	0,05
5	1'33" (06s)	25,2	121	2360,0	0,06
		30,0			

**ENSAIO 02**

Amostra nº	Tempo Coleta	Vel.	Cor Aparente	Cor Aparente	pH = 6,50 DQO: 380 mg/L
		Flotação (cm/min)	Efluente Tratado (C)	Efluente Bruto (Co)	
		0,0			
1	7'00" (06s)	5,0	69	2360,0	0,03
2	3'29" (20s)	10,0	70	2360,0	0,03
3	2'28" (06s)	15,0	74	2360,0	0,04
4	1'54" (06s)	20,0	92	2360,0	0,04
5	1'33" (06s)	25,2	125	2360,0	0,06
		30,0			

**ENSAIO 03**

Amostra nº	Tempo Coleta	Vel.	Cor Aparente	Cor Aparente	pH = 6,89 DQO: 384 mg/L
		Flotação (cm/min)	Efluente Tratado (C)	Efluente Bruto (Co)	
		0,0			
1	7'00" (06s)	5,0	189	2360,0	0,09
2	3'29" (20s)	10,0	205	2360,0	0,10
3	2'28" (06s)	15,0	246	2360,0	0,12
4	1'54" (06s)	20,0	299	2360,0	0,15
5	1'33" (06s)	25,2	275	2360,0	0,13
		30,0			

## **ANEXO E**

**Dados obtidos nos ensaios de tratabilidade realizados com o flotateste para as amostras coletadas na indústria de laticínios referente à terceira coleta.**



PLANILHA E.1 – Dados de Turbidez e DQO, obtidos na primeira etapa dos ensaios de flotação relativos à terceira coleta para DCF = 0 mg/l e 50 mg/l.

**DCF = 0 mg/L**

**ENSAIO 01**

Amostra n°	Tempo Coleta	Vel.	Turbidez	Turbidez	pH = 5,96 DQO: 1536 mg/L.
		Flotação (cm/min)	Efluente Tratado (T)	Efluente Bruto (To)	
		0,0			
1	7'00* (06s)	5,0	779	1030,0	0,98
2	3'29* (20s)	10,0	794	1030,0	1,00
3	2'28* (06s)	15,0	809	1030,0	1,02
4	1'54* (06s)	20,0	799	1030,0	1,01
5	1'33* (06s)	25,2	783	1030,0	0,99
		30,0			

**ENSAIO 02**

Amostra n°	Tempo Coleta	Vel.	Turbidez	Turbidez	pH = 6,50 DQO: 1240 mg/L.
		Flotação (cm/min)	Efluente Tratado (T)	Efluente Bruto (To)	
		0,0			
1	7'00* (06s)	5,0	346	1030,0	0,44
2	3'29* (20s)	10,0	486	1030,0	0,61
3	2'28* (06s)	15,0	618	1030,0	0,78
4	1'54* (06s)	20,0	659	1030,0	0,83
5	1'33* (06s)	25,2	681	1030,0	0,86
		30,0			

**ENSAIO 03**

Amostra n°	Tempo Coleta	Vel.	Turbidez	Turbidez	pH = 7,06 DQO: 1260 mg/L.
		Flotação (cm/min)	Efluente Tratado (T)	Efluente Bruto (To)	
		0,0			
1	7'00* (06s)	5,0	754	1030,0	0,95
2	3'29* (20s)	10,0	802	1030,0	1,01
3	2'28* (06s)	15,0	791	1030,0	1,00
4	1'54* (06s)	20,0	780	1030,0	0,98
5	1'33* (06s)	25,2	776	1030,0	0,98
		30,0			

**ENSAIO 04**

Amostra n°	Tempo Coleta	Vel.	Turbidez	Turbidez	pH = 7,53 DQO: 1417 mg/L.
		Flotação (cm/min)	Efluente Tratado (T)	Efluente Bruto (To)	
		0,0			
1	7'00* (06s)	5,0	812	1030,0	1,02
2	3'29* (20s)	10,0	781	1030,0	0,99
3	2'28* (06s)	15,0	819	1030,0	1,03
4	1'54* (06s)	20,0	776	1030,0	0,98
5	1'33* (06s)	25,2	780	1030,0	0,98
		30,0			

**DCF = 50 mg/L**

**ENSAIO 01**

Amostra n°	Tempo Coleta	Vel.	Turbidez	Turbidez	pH = 6,09 DQO: 862 mg/L.
		Flotação (cm/min)	Efluente Tratado (T)	Efluente Bruto (To)	
		0,0			
1	7'00* (06s)	5,0	159	1030,0	0,20
2	3'29* (20s)	10,0	189	1030,0	0,24
3	2'28* (06s)	15,0	197	1030,0	0,25
4	1'54* (06s)	20,0	282	1030,0	0,36
5	1'33* (06s)	25,2	434	1030,0	0,55
		30,0			

**ENSAIO 02**

Amostra n°	Tempo Coleta	Vel.	Turbidez	Turbidez	pH = 6,55 DQO: 1537 mg/L.
		Flotação (cm/min)	Efluente Tratado (T)	Efluente Bruto (To)	
		0,0			
1	7'00* (06s)	5,0	811	1030,0	1,02
2	3'29* (20s)	10,0	795	1030,0	1,00
3	2'28* (06s)	15,0	803	1030,0	1,01
4	1'54* (06s)	20,0	812	1030,0	1,02
5	1'33* (06s)	25,2	807	1030,0	1,02
		30,0			

**ENSAIO 03**

Amostra n°	Tempo Coleta	Vel.	Turbidez	Turbidez	pH = 7,09 DQO: 1399 mg/L.
		Flotação (cm/min)	Efluente Tratado (T)	Efluente Bruto (To)	
		0,0			
1	7'00* (06s)	5,0	759	1030,0	0,96
2	3'29* (20s)	10,0	746	1030,0	0,94
3	2'28* (06s)	15,0	763	1030,0	0,96
4	1'54* (06s)	20,0	781	1030,0	0,99
5	1'33* (06s)	25,2	796	1030,0	1,00
		30,0			

**ENSAIO 04**

Amostra n°	Tempo Coleta	Vel.	Turbidez	Turbidez	pH = 7,56 DQO: 1408 mg/L.
		Flotação (cm/min)	Efluente Tratado (T)	Efluente Bruto (To)	
		0,0			
1	7'00* (06s)	5,0	758	1030,0	0,96
2	3'29* (20s)	10,0	759	1030,0	0,96
3	2'28* (06s)	15,0	746	1030,0	0,94
4	1'54* (06s)	20,0	728	1030,0	0,92
5	1'33* (06s)	25,2	737	1030,0	0,93
		30,0			

PLANILHA E.2 – Dados de Turbidez e DQO, obtidos na primeira etapa dos ensaios de flotação relativos à terceira coleta para DCF = 100 , 150 e 200 mg/l.

**DCF = 150 mg/L**

**ENSAIO 01**

Amostra n°	Tempo Coleta	Vel. Flotação (cm/min)	Turbidez Efluente Tratado (T)	Turbidez Efluente Bruto (To)	pH = 5,42 DQO: 1092 mg/L
		0,0			
1	7'00" (06s)	5,0	300	1030,0	0,38
2	3'29" (20s)	10,0	343	1030,0	0,43
3	2'28" (06s)	15,0	379	1030,0	0,48
4	1'54" (06s)	20,0	408	1030,0	0,51
5	1'33" (06s)	25,2	411	1030,0	0,52
		30,0			

**ENSAIO 02**

Amostra n°	Tempo Coleta	Vel. Flotação (cm/min)	Turbidez Efluente Tratado (T)	Turbidez Efluente Bruto (To)	pH = 5,99 DQO: 368 mg/L
		0,0			
1	7'00" (06s)	5,0	7,04	1030,0	0,01
2	3'29" (20s)	10,0	7,64	1030,0	0,01
3	2'28" (06s)	15,0	7,75	1030,0	0,01
4	1'54" (06s)	20,0	8,7	1030,0	0,01
5	1'33" (06s)	25,2	8,81	1030,0	0,01
		30,0			

**ENSAIO 03**

Amostra n°	Tempo Coleta	Vel. Flotação (cm/min)	Turbidez Efluente Tratado (T)	Turbidez Efluente Bruto (To)	pH = 6,48 DQO: 364 mg/L
		0,0			
1	7'00" (06s)	5,0	0,91	1030,0	0,00
2	3'29" (20s)	10,0	1,13	1030,0	0,00
3	2'28" (06s)	15,0	0,92	1030,0	0,00
4	1'54" (06s)	20,0	1,61	1030,0	0,00
5	1'33" (06s)	25,2	9,05	1030,0	0,01
		30,0			

**ENSAIO 04**

Amostra n°	Tempo Coleta	Vel. Flotação (cm/min)	Turbidez Efluente Tratado (T)	Turbidez Efluente Bruto (To)	pH = 6,94 DQO: 425 mg/L
		0,0			
1	7'00" (06s)	5,0	29	1030,0	0,04
2	3'29" (20s)	10,0	26,1	1030,0	0,03
3	2'28" (06s)	15,0	27,5	1030,0	0,03
4	1'54" (06s)	20,0	27,8	1030,0	0,04
5	1'33" (06s)	25,2	28,7	1030,0	0,04
		30,0			

**DCF = 200 mg/L**

**ENSAIO 01**

Amostra n°	Tempo Coleta	Vel. Flotação (cm/min)	Turbidez Efluente Tratado (T)	Turbidez Efluente Bruto (To)	pH = 5,49 DQO: 698 mg/L
		0,0			
1	7'00" (06s)	5,0	90,1	1030,0	0,11
2	3'29" (20s)	10,0	93,6	1030,0	0,12
3	2'28" (06s)	15,0	85,2	1030,0	0,11
4	1'54" (06s)	20,0	93,8	1030,0	0,12
5	1'33" (06s)	25,2	117	1030,0	0,15
		30,0			

**ENSAIO 02**

Amostra n°	Tempo Coleta	Vel. Flotação (cm/min)	Turbidez Efluente Tratado (T)	Turbidez Efluente Bruto (To)	pH = 6,00 DQO: 368 mg/L
		0,0			
1	7'00" (06s)	5,0	5,95	1030,0	0,01
2	3'29" (20s)	10,0	6,2	1030,0	0,01
3	2'28" (06s)	15,0	8,68	1030,0	0,01
4	1'54" (06s)	20,0	46,4	1030,0	0,06
5	1'33" (06s)	25,2	15,1	1030,0	0,02
		30,0			

**ENSAIO 03**

Amostra n°	Tempo Coleta	Vel. Flotação (cm/min)	Turbidez Efluente Tratado (T)	Turbidez Efluente Bruto (To)	pH = 6,62 DQO: 364 mg/L
		0,0			
1	7'00" (06s)	5,0	2,18	1030,0	0,00
2	3'29" (20s)	10,0	2,2	1030,0	0,00
3	2'28" (06s)	15,0	2,23	1030,0	0,00
4	1'54" (06s)	20,0	2,72	1030,0	0,00
5	1'33" (06s)	25,2	4,97	1030,0	0,01
		30,0			

**ENSAIO 04**

Amostra n°	Tempo Coleta	Vel. Flotação (cm/min)	Turbidez Efluente Tratado (T)	Turbidez Efluente Bruto (To)	pH = 7,98 DQO: 609 mg/L
		0,0			
1	7'00" (06s)	5,0	87	1030,0	0,11
2	3'29" (20s)	10,0	87,4	1030,0	0,11
3	2'28" (06s)	15,0	89,8	1030,0	0,11
4	1'54" (06s)	20,0	90	1030,0	0,11
5	1'33" (06s)	25,2	91,2	1030,0	0,12
		30,0			

PLANILHA E.3 – Dados de Turbidez e DQO, obtidos na primeira etapa dos ensaios de flotação relativos à terceira coleta para DCF iguais à 75 e 125 mg/l.

**DCF = 75 mg/L****ENSAIO 01**

Amostra n°	Tempo Coleta	Vel. Flotação (cm/min)	Turbidez		pH = 6,01 DQO: 348 mg/L
			Efluente Tratado (T)	Efluente Bruto (To)	
		0,0			
1	7'00" (06s)	5,0	1,66	1030,0	0,00
2	3'29" (20s)	10,0	1,64	1030,0	0,00
3	2'28" (06s)	15,0	2,02	1030,0	0,00
4	1'54" (06s)	20,0	17	1030,0	0,02
5	1'33" (06s)	25,2	14,3	1030,0	0,02
		30,0			

**ENSAIO 02**

Amostra n°	Tempo Coleta	Vel. Flotação (cm/min)	Turbidez		pH = 6,58 DQO: 437 mg/L
			Efluente Tratado (T)	Efluente Bruto (To)	
		0,0			
1	7'00" (06s)	5,0	21,4	1030,0	0,03
2	3'29" (20s)	10,0	22,1	1030,0	0,03
3	2'28" (06s)	15,0	22,3	1030,0	0,03
4	1'54" (06s)	20,0	24,6	1030,0	0,03
5	1'33" (06s)	25,2	73,7	1030,0	0,09
		30,0			

**DCF = 125 mg/L****ENSAIO 01**

Amostra n°	Tempo Coleta	Vel. Flotação (cm/min)	Turbidez		pH = 6,08 DQO: 347 mg/L
			Efluente Tratado (T)	Efluente Bruto (To)	
		0,0			
1	7'00" (06s)	5,0	0,64	1030,0	0,00
2	3'29" (20s)	10,0	0,7	1030,0	0,00
3	2'28" (06s)	15,0	1,34	1030,0	0,00
4	1'54" (06s)	20,0	8,05	1030,0	0,01
5	1'33" (06s)	25,2	15,3	1030,0	0,02
		30,0			

**ENSAIO 02**

Amostra n°	Tempo Coleta	Vel. Flotação (cm/min)	Turbidez		pH = 6,54 DQO: 351 mg/L
			Efluente Tratado (T)	Efluente Bruto (To)	
		0,0			
1	7'00" (06s)	5,0	0,78	1030,0	0,00
2	3'29" (20s)	10,0	0,59	1030,0	0,00
3	2'28" (06s)	15,0	0,75	1030,0	0,00
4	1'54" (06s)	20,0	1,87	1030,0	0,00
5	1'33" (06s)	25,2	13,8	1030,0	0,02
		30,0			

PLANILHA E.4 – Dados de Turbidez e DQO, obtidos na primeira etapa dos ensaios de flotação relativos à terceira coleta para DCF iguais à 175 e 225 mg/l.

**DCF = 175 mg/L****ENSAIO 01**

Amostra n°	Tempo Coleta	Vel. Flotação (cm/min)	Turbidez		pH = 5,91 DQO: 330 mg/L
			Efluente Tratado (T)	Efluente Bruto (To)	
			0,0		
1	7'00" (06s)	5,0	0,6	1030,0	0,00
2	3'29" (20s)	10,0	0,8	1030,0	0,00
3	2'28" (06s)	15,0	0,73	1030,0	0,00
4	1'54" (06s)	20,0	0,75	1030,0	0,00
5	1'33" (06s)	25,2	1,46	1030,0	0,00
		30,0			

**ENSAIO 02**

Amostra n°	Tempo Coleta	Vel. Flotação (cm/min)	Turbidez		pH = 6,60 DQO: 427 mg/L
			Efluente Tratado (T)	Efluente Bruto (To)	
			0,0		
1	7'00" (06s)	5,0	0,7	1030,0	0,00
2	3'29" (20s)	10,0	0,52	1030,0	0,00
3	2'28" (06s)	15,0	0,79	1030,0	0,00
4	1'54" (06s)	20,0	3,09	1030,0	0,00
5	1'33" (06s)	25,2	4,33	1030,0	0,01
		30,0			

**DCF = 225 mg/L****ENSAIO 01**

Amostra n°	Tempo Coleta	Vel. Flotação (cm/min)	Turbidez		pH = 6,06 DQO: 335 mg/L
			Efluente Tratado (T)	Efluente Bruto (To)	
			0,0		
1	7'00" (06s)	5,0	1,95	1030,0	0,00
2	3'29" (20s)	10,0	2,01	1030,0	0,00
3	2'28" (06s)	15,0	1,86	1030,0	0,00
4	1'54" (06s)	20,0	2,06	1030,0	0,00
5	1'33" (06s)	25,2	2,25	1030,0	0,00
		30,0			

**ENSAIO 02**

Amostra n°	Tempo Coleta	Vel. Flotação (cm/min)	Turbidez		pH = 6,52 DQO: 332 mg/L
			Efluente Tratado (T)	Efluente Bruto (To)	
			0,0		
1	7'00" (06s)	5,0	1,06	1030,0	0,00
2	3'29" (20s)	10,0	0,65	1030,0	0,00
3	2'28" (06s)	15,0	0,78	1030,0	0,00
4	1'54" (06s)	20,0	0,98	1030,0	0,00
5	1'33" (06s)	25,2	3,52	1030,0	0,00
		30,0			

PLANILHA E.5 – Dados de Turbidez e DQO, obtidos na primeira etapa dos ensaios de flotação relativos à terceira coleta para DCF iguais à 0, 50, 75, 100 e 125 mg/l em pH = 6,0.

**ENSAIO 01**

Amostra n°	Tempo Coleta	Vel.	Turbidez	Turbidez	DCF = 0 mg/L pH = 5,96 DQO: 736 mg/L
		Flotação (cm/min)	Efluente Tratado (T)	Efluente Bruto (To)	
		0,0			
1	7'00" (06s)	5,0	779	1030,0	0,98
2	3'29" (20s)	10,0	794	1030,0	1,00
3	2'28" (06s)	15,0	809	1030,0	1,02
4	1'54" (06s)	20,0	799	1030,0	1,01
5	1'33" (06s)	25,2	783	1030,0	0,99
		30,0			

**ENSAIO 02**

Amostra n°	Tempo Coleta	Vel.	Turbidez	Turbidez	DCF = 50 mg/L pH = 6,09 DQO: 684 mg/L
		Flotação (cm/min)	Efluente Tratado (T)	Efluente Bruto (To)	
		0,0			
1	7'00" (06s)	5,0	159	1030,0	0,20
2	3'29" (20s)	10,0	189	1030,0	0,24
3	2'28" (06s)	15,0	197	1030,0	0,25
4	1'54" (06s)	20,0	282	1030,0	0,36
5	1'33" (06s)	25,2	434	1030,0	0,55
		30,0			

**ENSAIO 03**

Amostra n°	Tempo Coleta	Vel.	Turbidez	Turbidez	DCF = 75 mg/L pH = 6,01 DQO: 718 mg/L
		Flotação (cm/min)	Efluente Tratado (T)	Efluente Bruto (To)	
		0,0			
1	7'00" (06s)	5,0	1,66	1030,0	0,00
2	3'29" (20s)	10,0	1,64	1030,0	0,00
3	2'28" (06s)	15,0	2,02	1030,0	0,00
4	1'54" (06s)	20,0	17	1030,0	0,02
5	1'33" (06s)	25,2	14,3	1030,0	0,02
		30,0			

**ENSAIO 04**

Amostra n°	Tempo Coleta	Vel.	Turbidez	Turbidez	DCF = 100 mg/L pH = 6,08 DQO: 683 mg/L
		Flotação (cm/min)	Efluente Tratado (T)	Efluente Bruto (To)	
		0,0			
1	7'00" (06s)	5,0	0,97	1030,0	0,00
2	3'29" (20s)	10,0	1,11	1030,0	0,00
3	2'28" (06s)	15,0	1,08	1030,0	0,00
4	1'54" (06s)	20,0	3,41	1030,0	0,00
5	1'33" (06s)	25,2	5,33	1030,0	0,01
		30,0			

**ENSAIO 05**

Amostra n°	Tempo Coleta	Vel.	Turbidez	Turbidez	DCF = 125 mg/L pH = 6,08 DQO: 718 mg/L
		Flotação (cm/min)	Efluente Tratado (T)	Efluente Bruto (To)	
		0,0			
1	7'00" (06s)	5,0	0,64	1030,0	0,00
2	3'29" (20s)	10,0	0,7	1030,0	0,00
3	2'28" (06s)	15,0	1,34	1030,0	0,00
4	1'54" (06s)	20,0	8,05	1030,0	0,01
5	1'33" (06s)	25,2	15,3	1030,0	0,02
		30,0			

PLANILHA E.6 – Dados de Turbidez e DQO, obtidos na primeira etapa dos ensaios de flotação relativos à terceira coleta para DCF iguais à 150, 175, 200 e 225 mg/l em pH = 6,0.

**ENSAIO 06**

Amostra n°	Tempo Coleta	Vel. Flotação (cm/min)	Turbidez		DCF = 150 mg/L pH = 5,99 DQO: 653 mg/L
			Efluente Tratado (T)	Efluente Bruto (To)	
					0,0
1	7'00" (06s)	5,0	7,04	1030,0	0,01
2	3'29" (20s)	10,0	7,64	1030,0	0,01
3	2'28" (06s)	15,0	7,75	1030,0	0,01
4	1'54" (06s)	20,0	8,7	1030,0	0,01
5	1'33" (06s)	25,2	8,81	1030,0	0,01
		30,0			

**ENSAIO 07**

Amostra n°	Tempo Coleta	Vel. Flotação (cm/min)	Turbidez		DCF = 175 mg/L pH = 5,91 DQO: 718 mg/L
			Efluente Tratado (T)	Efluente Bruto (To)	
					0,0
1	7'00" (06s)	5,0	0,6	1030,0	0,00
2	3'29" (20s)	10,0	0,8	1030,0	0,00
3	2'28" (06s)	15,0	0,73	1030,0	0,00
4	1'54" (06s)	20,0	0,75	1030,0	0,00
5	1'33" (06s)	25,2	1,46	1030,0	0,00
		30,0			

**ENSAIO 08**

Amostra n°	Tempo Coleta	Vel. Flotação (cm/min)	Turbidez		DCF = 200 mg/L pH = 6,00 DQO: 653 mg/L
			Efluente Tratado (T)	Efluente Bruto (To)	
					0,0
1	7'00" (06s)	5,0	5,95	1030,0	0,01
2	3'29" (20s)	10,0	6,2	1030,0	0,01
3	2'28" (06s)	15,0	8,68	1030,0	0,01
4	1'54" (06s)	20,0	46,4	1030,0	0,06
5	1'33" (06s)	25,2	15,1	1030,0	0,02
		30,0			

**ENSAIO 09**

Amostra n°	Tempo Coleta	Vel. Flotação (cm/min)	Turbidez		DCF = 225 mg/L pH = 6,06 DQO: 718 mg/L
			Efluente Tratado (T)	Efluente Bruto (To)	
					0,0
1	7'00" (06s)	5,0	1,95	1030,0	0,00
2	3'29" (20s)	10,0	2,01	1030,0	0,00
3	2'28" (06s)	15,0	1,86	1030,0	0,00
4	1'54" (06s)	20,0	2,06	1030,0	0,00
5	1'33" (06s)	25,2	2,25	1030,0	0,00
		30,0			

PLANILHA E.7 – Dados de Turbidez e DQO, obtidos na primeira etapa dos ensaios de flotação relativos à terceira coleta para DCF iguais à 0, 50, 75, 100 e 125 mg/l em pH = 6,5.

**ENSAIO 01**

Amostra n°	Tempo Coleta	Vel. Flotação (cm/min)	Turbidez Efluente Tratado (T)	Turbidez Efluente Bruto (To)	DCF = 0 mg/L pH = 6,50 DQO: 692 mg/L
		0,0			
1	7'00" (06s)	5,0	346	1030,0	0,44
2	3'29" (20s)	10,0	486	1030,0	0,61
3	2'28" (06s)	15,0	618	1030,0	0,78
4	1'54" (06s)	20,0	659	1030,0	0,83
5	1'33" (06s)	25,2	681	1030,0	0,86
		30,0			

**ENSAIO 02**

Amostra n°	Tempo Coleta	Vel. Flotação (cm/min)	Turbidez Efluente Tratado (T)	Turbidez Efluente Bruto (To)	DCF = 50 mg/L pH = 6,55 DQO: 714 mg/L
		0,0			
1	7'00" (06s)	5,0	811	1030,0	1,02
2	3'29" (20s)	10,0	795	1030,0	1,00
3	2'28" (06s)	15,0	803	1030,0	1,01
4	1'54" (06s)	20,0	812	1030,0	1,02
5	1'33" (06s)	25,2	807	1030,0	1,02
		30,0			

**ENSAIO 03**

Amostra n°	Tempo Coleta	Vel. Flotação (cm/min)	Turbidez Efluente Tratado (T)	Turbidez Efluente Bruto (To)	DCF = 75 mg/L pH = 6,58 DQO: 653 mg/L
		0,0			
1	7'00" (06s)	5,0	21,4	1030,0	0,03
2	3'29" (20s)	10,0	22,1	1030,0	0,03
3	2'28" (06s)	15,0	22,3	1030,0	0,03
4	1'54" (06s)	20,0	24,6	1030,0	0,03
5	1'33" (06s)	25,2	73,7	1030,0	0,09
		30,0			

**ENSAIO 04**

Amostra n°	Tempo Coleta	Vel. Flotação (cm/min)	Turbidez Efluente Tratado (T)	Turbidez Efluente Bruto (To)	DCF = 100 mg/L pH = 6,48 DQO: 677 mg/L
		0,0			
1	7'00" (06s)	5,0	1,8	1030,0	0,00
2	3'29" (20s)	10,0	1,72	1030,0	0,00
3	2'28" (06s)	15,0	2,29	1030,0	0,00
4	1'54" (06s)	20,0	5,47	1030,0	0,01
5	1'33" (06s)	25,2	11,9	1030,0	0,02
		30,0			

**ENSAIO 05**

Amostra n°	Tempo Coleta	Vel. Flotação (cm/min)	Turbidez Efluente Tratado (T)	Turbidez Efluente Bruto (To)	DCF = 125 mg/L pH = 6,54 DQO: 653 mg/L
		0,0			
1	7'00" (06s)	5,0	0,78	1030,0	0,00
2	3'29" (20s)	10,0	0,59	1030,0	0,00
3	2'28" (06s)	15,0	0,75	1030,0	0,00
4	1'54" (06s)	20,0	1,87	1030,0	0,00
5	1'33" (06s)	25,2	13,8	1030,0	0,02
		30,0			

PLANILHA E.8 – Dados de Turbidez e DQO, obtidos na primeira etapa dos ensaios de flotação relativos à terceira coleta para DCF iguais à 150, 175, 200 e 225 mg/l em pH = 6,5.

**ENSAIO 06**

Amostra n°	Tempo Coleta	Vel.	Turbidez	Turbidez	<b>DCF = 150 mg/L</b> pH = 6,48 DQO: 641 mg/L
		Flotação (cm/min)	Efluente Tratado (T)	Efluente Bruto (To)	
		0,0			
1	7'00" (06s)	5,0	0,91	1030,0	0,00
2	3'29" (20s)	10,0	1,13	1030,0	0,00
3	2'28" (06s)	15,0	0,92	1030,0	0,00
4	1'54" (06s)	20,0	1,61	1030,0	0,00
5	1'33" (06s)	25,2	9,05	1030,0	0,01
		30,0			

**ENSAIO 07**

Amostra n°	Tempo Coleta	Vel.	Turbidez	Turbidez	<b>DCF = 175 mg/L</b> pH = 6,60 DQO: 653 mg/L
		Flotação (cm/min)	Efluente Tratado (T)	Efluente Bruto (To)	
		0,0			
1	7'00" (06s)	5,0	0,7	1030,0	0,00
2	3'29" (20s)	10,0	0,52	1030,0	0,00
3	2'28" (06s)	15,0	0,79	1030,0	0,00
4	1'54" (06s)	20,0	3,09	1030,0	0,00
5	1'33" (06s)	25,2	4,33	1030,0	0,01
		30,0			

**ENSAIO 08**

Amostra n°	Tempo Coleta	Vel.	Turbidez	Turbidez	<b>DCF = 200 mg/L</b> pH = 6,62 DQO: 641 mg/L
		Flotação (cm/min)	Efluente Tratado (T)	Efluente Bruto (To)	
		0,0			
1	7'00" (06s)	5,0	2,18	1030,0	0,00
2	3'29" (20s)	10,0	2,2	1030,0	0,00
3	2'28" (06s)	15,0	2,23	1030,0	0,00
4	1'54" (06s)	20,0	2,72	1030,0	0,00
5	1'33" (06s)	25,2	4,97	1030,0	0,01
		30,0			

**ENSAIO 09**

Amostra n°	Tempo Coleta	Vel.	Turbidez	Turbidez	<b>DCF = 225 mg/L</b> pH = 6,52 DQO: 653 mg/L
		Flotação (cm/min)	Efluente Tratado (T)	Efluente Bruto (To)	
		0,0			
1	7'00" (06s)	5,0	1,06	1030,0	0,00
2	3'29" (20s)	10,0	0,65	1030,0	0,00
3	2'28" (06s)	15,0	0,78	1030,0	0,00
4	1'54" (06s)	20,0	0,98	1030,0	0,00
5	1'33" (06s)	25,2	3,52	1030,0	0,00
		30,0			



PLANILHA E.9 – Dados de Turbidez e DQO, obtidos na segunda etapa dos ensaios de flotação relativos à terceira coleta para Tf= 1 minuto e 3 minutos.

**Tf=1min**  
**ENSAIO 01**

Amostra n°	Tempo Coleta	Vel. Flotação (cm/min)	Turbidez Efluente Tratado (T)	Turbidez Efluente Bruto (To)	Gf= 40 s-1 DQO: 337 mg/L
		0,0			
1	7'00" (06s)	5,0	1,95	1030,0	0,00
2	3'29" (20s)	10,0	1,42	1030,0	0,00
3	2'28" (06s)	15,0	2,33	1030,0	0,00
4	1'54" (06s)	20,0	4,57	1030,0	0,01
5	1'33" (06s)	25,2	17,8	1030,0	0,02
		30,0			

**ENSAIO 02**

Amostra n°	Tempo Coleta	Vel. Flotação (cm/min)	Turbidez Efluente Tratado (T)	Turbidez Efluente Bruto (To)	Gf= 60 s-1 DQO: 335 mg/L
		0,0			
1	7'00" (06s)	5,0	1,59	1030,0	0,00
2	3'29" (20s)	10,0	1,34	1030,0	0,00
3	2'28" (06s)	15,0	1,98	1030,0	0,00
4	1'54" (06s)	20,0	2,56	1030,0	0,00
5	1'33" (06s)	25,2	10,4	1030,0	0,01
		30,0			

**ENSAIO 03**

Amostra n°	Tempo Coleta	Vel. Flotação (cm/min)	Turbidez Efluente Tratado (T)	Turbidez Efluente Bruto (To)	Gf= 80 s-1 DQO: 360 mg/L
		0,0			
1	7'00" (06s)	5,0	3,11	1030,0	0,00
2	3'29" (20s)	10,0	2,46	1030,0	0,00
3	2'28" (06s)	15,0	2,47	1030,0	0,00
4	1'54" (06s)	20,0	3,44	1030,0	0,00
5	1'33" (06s)	25,2	15,3	1030,0	0,02
		30,0			

**Tf=3min**  
**ENSAIO 01**

Amostra n°	Tempo Coleta	Vel. Flotação (cm/min)	Turbidez Efluente Tratado (T)	Turbidez Efluente Bruto (To)	Gf= 40 s-1 DQO: 348 mg/L
		0,0			
1	7'00" (06s)	5,0	2,8	1030,0	0,00
2	3'29" (20s)	10,0	3,21	1030,0	0,00
3	2'28" (06s)	15,0	3,36	1030,0	0,00
4	1'54" (06s)	20,0	3,57	1030,0	0,00
5	1'33" (06s)	25,2	5,38	1030,0	0,01
		30,0			

**ENSAIO 02**

Amostra n°	Tempo Coleta	Vel. Flotação (cm/min)	Turbidez Efluente Tratado (T)	Turbidez Efluente Bruto (To)	Gf= 60 s-1 DQO: 368 mg/L
		0,0			
1	7'00" (06s)	5,0	5,45	1030,0	0,01
2	3'29" (20s)	10,0	6,17	1030,0	0,01
3	2'28" (06s)	15,0	6,83	1030,0	0,01
4	1'54" (06s)	20,0	6,66	1030,0	0,01
5	1'33" (06s)	25,2	7,67	1030,0	0,01
		30,0			

**ENSAIO 03**

Amostra n°	Tempo Coleta	Vel. Flotação (cm/min)	Turbidez Efluente Tratado (T)	Turbidez Efluente Bruto (To)	Gf= 80 s-1 DQO: 337 mg/L
		0,0			
1	7'00" (06s)	5,0	1,67	1030,0	0,00
2	3'29" (20s)	10,0	1,85	1030,0	0,00
3	2'28" (06s)	15,0	1,85	1030,0	0,00
4	1'54" (06s)	20,0	14,7	1030,0	0,02
5	1'33" (06s)	25,2	12,7	1030,0	0,02
		30,0			

PLANILHA E.10 – Dados de Turbidez e DQO, obtidos na segunda etapa dos ensaios de flotação relativos à terceira coleta para Tf= 6 minutos e 12 minutos.

**Tf=6min**  
**ENSAIO 01**

Amostra n°	Tempo Coleta	Vel. Flotação (cm/min)	Turbidez Efluente Tratado (T)	Turbidez Efluente Bruto (To)	Gf= 40 s-1 DQO: 404 mg/L
		0,0			
1	7'00" (06s)	5,0	13,4	1030,0	0,02
2	3'29" (20s)	10,0	13,4	1030,0	0,02
3	2'28" (06s)	15,0	14	1030,0	0,02
4	1'54" (06s)	20,0	15,6	1030,0	0,02
5	1'33" (06s)	25,2	16,9	1030,0	0,02
		30,0			

**ENSAIO 02**

Amostra n°	Tempo Coleta	Vel. Flotação (cm/min)	Turbidez Efluente Tratado (T)	Turbidez Efluente Bruto (To)	Gf= 60 s-1 DQO: 429 mg/L
		0,0			
1	7'00" (06s)	5,0	20,1	1030,0	0,03
2	3'29" (20s)	10,0	20,7	1030,0	0,03
3	2'28" (06s)	15,0	20,5	1030,0	0,03
4	1'54" (06s)	20,0	21,9	1030,0	0,03
5	1'33" (06s)	25,2	24,9	1030,0	0,03
		30,0			

**ENSAIO 03**

Amostra n°	Tempo Coleta	Vel. Flotação (cm/min)	Turbidez Efluente Tratado (T)	Turbidez Efluente Bruto (To)	Gf= 80 s-1 DQO: 352 mg/L
		0,0			
1	7'00" (06s)	5,0	1,5	1030,0	0,00
2	3'29" (20s)	10,0	1,37	1030,0	0,00
3	2'28" (06s)	15,0	1,42	1030,0	0,00
4	1'54" (06s)	20,0	3,18	1030,0	0,00
5	1'33" (06s)	25,2	5,88	1030,0	0,01
		30,0			

**Tf=12min**  
**ENSAIO 01**

Amostra n°	Tempo Coleta	Vel. Flotação (cm/min)	Turbidez Efluente Tratado (T)	Turbidez Efluente Bruto (To)	Gf= 40 s-1 DQO: 550 mg/L
		0,0			
1	7'00" (06s)	5,0	54	1030,0	0,07
2	3'29" (20s)	10,0	56,4	1030,0	0,07
3	2'28" (06s)	15,0	59,7	1030,0	0,08
4	1'54" (06s)	20,0	68,1	1030,0	0,09
5	1'33" (06s)	25,2	78,3	1030,0	0,10
		30,0			

**ENSAIO 02**

Amostra n°	Tempo Coleta	Vel. Flotação (cm/min)	Turbidez Efluente Tratado (T)	Turbidez Efluente Bruto (To)	Gf= 60 s-1 DQO: 449 mg/L
		0,0			
1	7'00" (06s)	5,0	21,8	1030,0	0,03
2	3'29" (20s)	10,0	22,8	1030,0	0,03
3	2'28" (06s)	15,0	23,9	1030,0	0,03
4	1'54" (06s)	20,0	25,1	1030,0	0,03
5	1'33" (06s)	25,2	26,2	1030,0	0,03
		30,0			

**ENSAIO 03**

Amostra n°	Tempo Coleta	Vel. Flotação (cm/min)	Turbidez Efluente Tratado (T)	Turbidez Efluente Bruto (To)	Gf= 80 s-1 DQO: 354 mg/L
		0,0			
1	7'00" (06s)	5,0	0,93	1030,0	0,00
2	3'29" (20s)	10,0	1,12	1030,0	0,00
3	2'28" (06s)	15,0	1,71	1030,0	0,00
4	1'54" (06s)	20,0	7,56	1030,0	0,01
5	1'33" (06s)	25,2	46,2	1030,0	0,06
		30,0			

PLANILHA E.11 – Dados de Turbidez e DQO, obtidos na terceira etapa dos ensaios de flotação relativos à terceira coleta para R iguais à 20%; 30% e 40%.

**ENSAIO 01**

Amostra n°	Tempo Coleta	Vel.	turbidez	turbidez	<b>R =20%</b> DQO: 446 mg/L
		Flotação (cm/min)	Efluente Tratado (T)	Efluente Bruto (To)	
		0,0			
1	7'00" (06s)	5,0	2,01	1030,0	0,00
2	3'29" (20s)	10,0	2,41	1030,0	0,00
3	2'28" (06s)	15,0	5,37	1030,0	0,01
4	1'54" (06s)	20,0	18,5	1030,0	0,02
5	1'33" (06s)	25,2	24,7	1030,0	0,03
		30,0			

**ENSAIO 02**

Amostra n°	Tempo Coleta	Vel.	Turbidez	Turbidez	<b>R =30%</b> DQO: 504 mg/L
		Flotação (cm/min)	Efluente Tratado (T)	Efluente Bruto (To)	
		0,0			
1	7'00" (06s)	5,0	3,13	1030,0	0,00
2	3'29" (20s)	10,0	3,37	1030,0	0,00
3	2'28" (06s)	15,0	8,11	1030,0	0,01
4	1'54" (06s)	20,0	46,8	1030,0	0,06
5	1'33" (06s)	25,2	27,6	1030,0	0,03
		30,0			

**ENSAIO 03**

Amostra n°	Tempo Coleta	Vel.	Turbidez	Turbidez	<b>R =40%</b> DQO: 365 mg/L
		Flotação (cm/min)	Efluente Tratado (T)	Efluente Bruto (To)	
		0,0			
1	7'00" (06s)	5,0	3,13	1030,0	0,00
2	3'29" (20s)	10,0	3,06	1030,0	0,00
3	2'28" (06s)	15,0	3,29	1030,0	0,00
4	1'54" (06s)	20,0	6,36	1030,0	0,01
5	1'33" (06s)	25,2	4,14	1030,0	0,01
		30,0			

PLANILHA E.12 – Dados de Turbidez e DQO, obtidos na terceira etapa dos ensaios de flotação relativos à terceira coleta para R iguais à 50%; 60% e 70%.

**ENSAIO 04**

Amostra n°	Tempo Coleta	Vel.	Turbidez	Turbidez	<b>R =50%</b> DQO: 530 mg/L
		Flotação (cm/min)	Efluente Tratado (T)	Efluente Bruto (To)	
		0,0			
1	7'00" (06s)	5,0	23,5	1030,0	0,03
2	3'29" (20s)	10,0	28,7	1030,0	0,04
3	2'28" (06s)	15,0	34,3	1030,0	0,05
4	1'54" (06s)	20,0	37,8	1030,0	0,06
5	1'33" (06s)	25,2	41,3	1030,0	0,06
		30,0			

**ENSAIO 05**

Amostra n°	Tempo Coleta	Vel.	Turbidez	Turbidez	<b>R =60%</b> DQO: 339 mg/L
		Flotação (cm/min)	Efluente Tratado (T)	Efluente Bruto (To)	
		0,0			
1	7'00" (06s)	5,0	2,07	1030,0	0,00
2	3'29" (20s)	10,0	2,34	1030,0	0,00
3	2'28" (06s)	15,0	2,33	1030,0	0,00
4	1'54" (06s)	20,0	3,3	1030,0	0,01
5	1'33" (06s)	25,2	3,9	1030,0	0,01
		30,0			

**ENSAIO 06**

Amostra n°	Tempo Coleta	Vel.	Turbidez	Turbidez	<b>R =70%</b> DQO: 384 mg/L
		Flotação (cm/min)	Efluente Tratado (T)	Efluente Bruto (To)	
		0,0			
1	7'00" (06s)	5,0	2,17	1030,0	0,00
2	3'29" (20s)	10,0	2,22	1030,0	0,00
3	2'28" (06s)	15,0	2,58	1030,0	0,00
4	1'54" (06s)	20,0	3,52	1030,0	0,01
5	1'33" (06s)	25,2	5,27	1030,0	0,01
		30,0			

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AKUTSU, J. (1985). *Emprego de Reator de Leito Fluidificado para Tratamento Biológico Anaeróbio de Águas Residuárias de uma Indústria de Conservas Alimentícias*. São Carlos. 88p. Dissertação (Mestrado) – Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo.
- AMIRTHARAJAH, A (1989). Velocity gradients in rapid mix units. In: SEMINÁRIO NACIONAL SOBRE COAGULAÇÃO E FILTRAÇÃO DIRETA. *Anais*. São Carlos, Brasil.
- BLANC, F. C.; NAVIA, R. (1991). Treatment of dairy wastewater by chemical coagulation. In: 45<sup>TH</sup> PURDUE INDUSTRIAL WASTE CONFERENCE PROCEEDINGS, News Publishers Inc. Chelsea, Michigan, 1991. *Anais*.
- BOIN, C. (1990). Princípios Básicos de Alimentação de Bovinos: Nutrientes. In: PEIXOTO, A. M.; MOURA, J. C.; FARIA, V. P. *Alimentação de Bovinos de Corte*. Piracicaba, FEALQ. Cap. 1, p. 1-40.
- BORUP, M. B.; ASHCROFT, C. T. (1991). Food processing waste. *Water Environment Research. Journal WPCF*, v. 63, n.4, p.445-447, Jun.
- BORUP, M. B.; MUCHMORE, D. R. (1992). Food processing waste. *Water Environment Research. Journal WPCF*. v.64, n.4, p.413-415, Jun.
- BOSE, M. L. V. (1990). Alimentos Volumosos: Resíduos. In: PEIXOTO, A. M.; MOURA, J. C.; FARIA, V. P. *Alimentação de Bovinos de Corte*. Piracicaba, FEALQ. Cap 5, p. 157-169.

- BRAGA, G. A. (1998). *Emprego da Flotação por Ar Dissolvido no Pré-Tratamento de Efluentes de uma Indústria Cítrica*. São Carlos. 88p. Dissertação (Mestrado) – Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo.
- BUSCHINELLI, C. C. A. (1992). Impacto Ambiental dos Resíduos Agropecuários e Agroindustriais na Alimentação de Ruminantes. In. SIMPÓSIO SOBRE UTILIZAÇÃO DE SUBPRODUTOS AGROINDUSTRIAIS E RESÍDUOS DE COLHEITA NA ALIMENTAÇÃO DE RUMINANTES, São Carlos, 1992. *Anais*. São Paulo, Embrapa-CPPSE, São Carlos. p. 29-43.
- BUTOLO, J. E. (1992). Gordura Protegida proveniente de Subprodutos de Abatedouro para Ruminantes. In. SIMPÓSIO SOBRE UTILIZAÇÃO DE SUBPRODUTOS AGROINDUSTRIAIS E RESÍDUOS DE COLHEITA NA ALIMENTAÇÃO DE RUMINANTES, São Carlos, 1992. *Anais*. São Paulo, Embrapa-CPPSE, São Carlos. p. 339-342.
- BRAILE, P. M.; CAVALCANTI J. E. W. A (1993) .Manual de tratamento de águas residuárias industriais, São Paulo, CETESB, 1993.
- BRATBY, J; MARAIS, G. V. R. A. (1976). A Guide For The Design Of Dissolved-Air (pressure) Flotation Systems For Activated Sludge Process. *Water Research*, v.1, n.2, April.
- CALDERONI, S. (1997). *Os bilhões perdidos no lixo*. São Paulo, Himanitas.
- CAMPOS, J. R.; FORESTI, E.; PAULA Jr, D. R. (1993). Anaerobic technologies for cannery industry wastewater treatment. In: INTERNATIONAL WINTER MEETING, SPONSORED BY THE AMERICAN SOCIETY OF AGRICULTURAL ENGINEERS, Chicago, USA, *Anais*. Illinois. p.1-12. 1993.

- CARVALHO, F. C. (1992). Disponibilidade de resíduos agroindustriais e do beneficiamento de produtos agrícolas. In. SIMPÓSIO SOBRE UTILIZAÇÃO DE SUBPRODUTOS AGROINDUSTRIAIS E RESÍDUOS DE COLHEITA NA ALIMENTAÇÃO DE RUMINANTES, São Carlos, 1992. *Anais*. São Paulo, Embrapa-CPPSE, São Carlos. p. 7-27.
- CLEVENGER, T. E. (1990). Safety and Efficacy of Food Processing Sludges as Animal Feed: Chemical Characterization. *Research Journal WPCF*, v.62, n.6, Sept./Oct.
- COTON, S. G. (1976). Recovery of Dairy Waste. In: BIRCH, G. G. et al., ed. *Food from Waste*. London, Applied Science Publishers ltd. Cap.15, p.221-231.
- DEMETRAKAKES, P. (1997) Plants of tomorrow: Waste not, want not. Ed. Food Processing. *The Magazine of Strategy & Technology*. v.58, n.7. p.75-84, Jul.
- ECKENFELDER, W. W. (1989). *Industrial Water Pollution Control*. McGraw-Hill.
- FARIAS, N. M. N. (1981). *Tratamento Biológico de Despejos Líquidos da Industrialização de Tomates*. São Carlos. 157p. Dissertação (Mestrado) – Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo.
- FERNANDES, J. A. (1985). *Estudo sobre a Aplicabilidade de um Reator UASB – AF no Tratamento de Águas Residuárias de Indústria de Conservas de Tomate*. São Carlos. 112p. Dissertação (Mestrado) – Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo.
- FORESTI, E. (1990). Anaerobic treatment of cannery industry wastewaters. PROCEEDINGS OF THE 45<sup>TH</sup> INDUSTRIAL WASTE CONFERENCE, Purdue, 1990. *Anais*. Lewis Publishers Inc. p 305-401..
- GAVA, A. J. (1984). *Princípios da Tecnologia de Alimentos*. Nobel.

- GRANT, R. A. (1976). Protein Recovery from Meat, Poltry and Fish Processing Plants In: BIRCH, G. G. et al., ed. *Food from Waste*. London, Applied Science Publishers ltd. Cap.14, p.205-220.
- HERZKA, A; BOOTH, R. (1981). Food Industry Wastes: Disposal and Recovery. Applied Publishers Ltd.
- HYDE, R. A.; MILLER, D. G.; PACKHAM, R.F.; RICHARDS, W. N. (1977). Water Clarification by Flotation. *Journal AWWA*; Denver, 69 (7), p.343-406, jul. 1977.
- JACKSON, J.M. (1979). Waste Disposal and Water Usage. In: JACKSON, J. M. & SHINN, B. M, ed. *Fundamentals of Food Canning Technology*. USA, AVI Publishing Company, Inc. Connecticut. Cap.15, p.316-322.
- KASAPGIL, B.; ANDERSON, G. K.; INCE, O. (1994). An Investigation into the Pre-Treatment of Dayry Wastewater prior to Anaerobic Biological Treatment. *Water Science Technology - LAWQ*, v.29, n.9, p.205-212.
- KATO, M. T. (1982). *Estudo e Tratamento de Águas Residuárias de Abatedouro de Aves*. São Carlos. 262p. Dissertação (Mestrado) – Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo.
- MALAVOLTA, E.; VITTI, G. C.; OLIVEIRA, S. A. (1989). Avaliação do Estudo Nutricional das Plantas: princípios e aplicações. *Associação Brasileira para a Pesquisa da Potassa e do Fosfato*. p.201.
- MATTOS, W. (1990). Alimentos Volumosos: Tratamentos para Elevar o Valor Nutritivo. In: PEIXOTO, A. M.; MOURA, J. C.; FARIA, V. P. *Alimentação de Bovinos de Corte*. Piracicaba, FEALQ. Cap., p.171-188.
- NATIONAL RESEARCH COUNCIL (1984). *Nutrient requirements of beef cattle*. Sixth Revised Edition, 1984.



- NEMEROW, N. L. (1971). *Industrial water pollution: origins, characteristics and treatment*. Massachusetts, Addison-Wesley, 1971.
- OCKERMAN, H. W.; HANSEN, C. L. (1994). *Industrialización de subproductos de origen animal*. Editorial Acribia S.A. Zaragoza, España, p. 337, 338, 348.
- OLIVA, L. C. H. V. et al. (1995). Anaerobic Reactors for Food Processing Wastewater Treatment: Established Technology and New Developments. *Water Science Technology – IAWQ*, v.32, n.12, p.157-163.
- OSINAGA, P. A. F. (1992). Utilización de Subproductos Agroindustriales en la Alimentación de Ruminantes en el Tropicó Boliviano. In: SIMPÓSIO SOBRE UTILIZAÇÃO DE SUBPRODUTOS AGROINDUSTRIAIS E RESÍDUOS DE COLHEITA NA ALIMENTAÇÃO DE RUMINANTES, São Carlos, 1992. *Anais*. São Paulo, Embrapa-CPPSE, São Carlos. p. 333-338.
- PAULA JR, D.; FORESTI, E. (1993). Tratamento de Efluentes Líquidos de Agroindústria de Conservas Alimentícias: Uso de Filtro Anaeróbio. In: XII CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA AGRÍCOLA, 22. *Anais*. Ilhéus, BA. Jul, 1993.
- PENETRA, R. G. (1998). *Pós-Tratamento físico-químico por flotação de efluentes de reatores anaeróbios de manta de lodo (UASB)*. São Carlos. 140p. Dissertação (Mestrado) – Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo.
- PLASKET, L. G. (1976). The Socio-Economic Implications of Producing Food from Wastes. *Food from Waste*. London, Applied Science Publishers Ltd. Cap.19, p. 264-275.
- RADICK, K. A. (1992). Dairy Waste. *Water Environment Research. Journal WPCF*, v. 64, n. 04, p.417-418, Jun.

- REALI, M. A P. (1991). *Concepção e Avaliação de um Sistema Compacto para Tratamento de Águas para Abastecimento Utilizando o Processo de Flotação por Ar Dissolvido e Filtração com Taxa Declinante*. São Carlos. 373p., v1 e 2. Tese (Doutorado) – Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo.
- REALI, M. A P. (1994). Proposição de um Modelo Teórico para o Processo da Flotação por Ar Dissolvido. In: XXIV CONGRESSO INTERAMERICANO DE INGENIERIA SANITÁRIO Y AMBIENTAL, *Anais Magnéticos*. Buenos Aires, Argentina., AIDIS. Nov. 1994.
- REALI, M. A P.; CAMPOS, J.R. (1992). Projeto de Câmaras de Flotação por Ar Dissolvido com Recheio de Anéis de PVC. In: XIII CONGRESSO INTERAMERICANO DE ENGENHARIA SANITÁRIA E AMBIENTAL, *Anais*. La Habana, Cuba. Nov, 1992.
- REALI, M. A P.; DOMBROSKI, S. A G. (1996). Influência da Floculação sobre a Flotação por Ar Dissolvido. In: XXV CONGRESSO INTERAMERICANO DE ENGENHARIA SANITÁRIA E AMBIENTAL, *Anais*. México, D.F. Nov, 1996.
- SILVA, D. J. (1981). *Análise de Alimentos: métodos químicos e biológicos*. Imprensa Universitária da Universidade Federal de Viçosa, Minas Gerais.
- STANDARD METHODS (1992). *For Examination of Water and Wastewater*. 18ª edição, ed. New York, APHA, AWWA, WFF.
- TERUYA, C. M., ARMELIN, J. C. , SILVA FILHO, A. G., SILVA SAIKI, M. (1999). Multielemental analysis of agroindustrial by-products employed in animal feeding by instrumental neutron activation. In: 10<sup>TH</sup> INTERNATIONAL CONFERENCE ON MODERN TRENDS IN ACTIVATION ANALYSIS, 10., Bethesda (Maryland), USA, 1999. *Anais* p.244
- UNDERWOOD, E. J. (1981). *The Mineral Nutrition of Livestock*. Commonwealth Agricultural Bureaux. 2<sup>th</sup> Edition. England, p. 179.

- VERDE, L. S.; CRUZ, G. M.(1992). Utilizacion de Subproductos Agroindustriales y Resíduos de Cosecha en la Alimentacion de Ruminantes: Conclusiones e Recomendaciones. In. SIMPÓSIO SOBRE UTILIZAÇÃO DE SUBPRODUTOS AGROINDUSTRIAIS E RESÍDUOS DE COLHEITA NA ALIMENTAÇÃO DE RUMINANTES, São Carlos, 1992. *Anais*. São Paulo, Embrapa-CPPSE, São Carlos. p. 347-351.
- WALSH, J. L.; ROSS, C. C.; VALENTINE JR, G. E. (1993). Food processing waste. *Water Environment Research*. Vol. 65, nº 04. Jun., p.402-405.
- WALSH, J. L.; ROSS, C. C.; VALENTINE JR, G. E. (1995). Food processing waste. *Water Environment Research*. Vol. 67, nº 04. Jun., p.522-525.
- WARREN, W. T., et al. (1991). Anaerobic/ aerobic treatment of high strength process wastewaters. PROCEEDINGS OF FOOD INDUSTRIES ENVIRONMENT CONFERENCE; Ga. Tech. Res. Inst. Atlanta, 54, 1991.
- ZABEL, T. (1984). Flotation in water treatment. In: NATO ADVANCED INSTITUTE ON THE SCIENTIFIC BASIS OF FLOTATION; Cambridge, England. July, 1992. *Proceedings*. Ed. By K. J. IVES. The Hague, Martins Nijhoff, 1984. P.349-378.
- ZABEL, T. (1985). The advantags of dissolved-air flotation for water treatment. *Journal AWWA*, p42-46. May, 1985.
- ZAGATTO, L. C. A. G.(1992). Impacto Socio-Econômico da Utilização de Resíduos da Agroindústria e Beneficiamento de Produtos Agrícolas na Alimentação de Ruminantes. In. SIMPÓSIO SOBRE UTILIZAÇÃO DE SUBPRODUTOS AGROINDUSTRIAIS E RESÍDUOS DE COLHEITA NA ALIMENTAÇÃO DE RUMINANTES, São Carlos, 1992. *Anais*. São Paulo, Embrapa-CPPSE, São Carlos. p. 29-43.
- ZEEVALKINK, J. A. (1982). Anaerobic Treatment of Effluents from the Food Industry: A Promising Development. In: HOLLÓ, J. ed. *Developments in Food Science. Food Industries and the Environment*. Hungary, Elsevier,1994. p.105-116.

Data	/	/
Div.		
St		
Veria		
R\$		US

ROSE W. G. P.D.  
7/10/1944