

**UNIVERSIDADE ESTADUAL DO OESTE DO PARANÁ
CENTRO DE CIÊNCIAS EXATAS E TECNOLÓGICAS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA AGRÍCOLA**

**AVALIAÇÃO DO DESEMPENHO DE FLOTAÇÃO POR AR DISSOLVIDO NO
TRATAMENTO DE EFLUENTE DE REFINARIA DE ÓLEO DE SOJA**

JULIANA CECCHET

CASCADEL - PR

2007

JULIANA CECCHET

**AVALIAÇÃO DO DESEMPENHO DE FLOTAÇÃO POR AR DISSOLVIDO NO
TRATAMENTO DE EFLUENTE DE REFINARIA DE ÓLEO DE SOJA**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia Agrícola em cumprimento parcial aos requisitos para obtenção do título de Mestre em Engenharia Agrícola, área de concentração em Engenharia de Recursos Hídricos e Meio Ambiente.

Orientador: Prof. Dr. Benedito Martins Gomes

Co-Orientadora: Prof^ª. Dra. Simone Damasceno
Gomes

CASCADEL - PR

2007

JULIANA CECCHET

“Avaliação do desempenho de flotação por ar dissolvido no tratamento de efluente de refinaria de óleo de soja”

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação “stricto sensu” em Engenharia Agrícola em cumprimento parcial aos requisitos para obtenção do título de Mestre em Engenharia Agrícola, área de concentração Engenharia de Recursos Hídricos e Meio Ambiente, **aprovada** pela seguinte banca examinadora:

Orientador: Prof. Dr. Benedito Martins Gomes
Centro de Ciências Exatas e Tecnológicas, UNIOESTE

Prof. Dr. Fernando Hermes Passig
Universidade Federal Tecnológica do Paraná, UTFPR

Prof. Dr. Ajadir Fazolo
Universidade Federal Tecnológica do Paraná, UTFPR

Cascavel, 06 de julho de 2007.

Nas minhas investigações debaixo do sol,
vi ainda que a corrida não é para os ágeis,
nem a batalha para os bravos, nem o pão
para os prudentes, nem a riqueza para os
inteligentes, nem o favor para os sábios:
todos estão à mercê das circunstâncias e
da sorte.

Eclesiastes 9-11.

Dedico esta conquista a toda minha Família e em especial à minha Mãe que sempre esteve ao meu lado em todos os momentos difíceis.

AGRADECIMENTOS

A toda minha família e aos meus amigos, pelo amor, carinho, compreensão e incentivo para a transposição de cada pedra que encontrei neste meu caminho;

Em especial, um agradecimento a minha mãe Jandira, por sempre acreditar no meu potencial e sempre me ajudar em tudo o que eu precisei durante esta etapa e durante minha vida toda.

Ao meu orientador Professor Drº Benedito M. Gomes, pela orientação, confiança, disponibilização de recursos para construção dos equipamentos e por acreditar que tudo iria se concretizar no final.

Ao Professor Drº Ricardo Nagamine Costanzi, o meu mais sincero agradecimento, pelas preciosas e inúmeras dicas e ajuda neste trabalho, respondendo e me auxiliando prontamente sempre que surgia uma dúvida.

Aos professores Drº Manoel Moisés Ferreira de Queiroz, Drº Silvio César Sampaio, Drª Simone Damasceno Gomes, pelo auxílio e pelas palavras de incentivo.

Ao “Guarapa” por levantar cedo nos finais de semana para abrir o laboratório e por me ajudar sempre que necessário com os excessos de peso.

À Simone e Dilcemara por me ajudarem nas análises e pelas palavras de incentivo e conforto.

Às minhas colegas de trabalho e amigas Gissela e Janiely, o meu agradecimento de coração pela preocupação e pelo tempo dedicado em me ajudar nas análises dos efluentes e baterias de ensaios.

Aos meus colegas de trabalho Luciane, Carlos, Aveline, Shirley, pela compreensão pela minha falta de tempo.

Aos colegas de trabalho da Estação de Tratamento de Efluentes da Diplomata, Paulo Sérgio, Paulo César, Edinei Campanharo e ao colega Nereu Moraes pela coleta do efluente.

À minha sobrinha Julia Ito por me fazer companhia e me ajudar em algumas partes do experimento na Universidade.

A minha amiga Kayla W. Poletto pelo companheirismo, risadas, ajuda e, principalmente, por sua amizade durante as aulas do curso de mestrado.

A minha sempre amiga Arlete Martins Diniz, por fazer as correções finais na minha dissertação.

Ao Paulo Rodrigues, gerente de território da GE INFRASTRUCTURE, pelo fornecimento dos coagulantes e floculantes, pelo empréstimo do aparelho de Jar teste e pelas informações e dicas a respeito dos produtos.

À empresa Diplomata S/A, em especial ao Sr. Cidemar Luiz Dalla Zen, por entender sempre as minhas faltas ao trabalho para a execução de toda esta jornada de trabalho.

À todos que contribuíram para tudo dar certo, o meu enorme MUITO OBRIGADO.

SUMÁRIO

LISTA DE TABELAS	x
LISTA DE FIGURAS	xi
LISTA DE SIGLAS, SÍMBOLOS E ABREVIATURAS.....	xiv
RESUMO	xvi
ABSTRACT	xvii
1 INTRODUÇÃO	1
2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....	3
2.1 PROCESSO DE REFINO DO ÓLEO DE SOJA.....	3
2.2 FONTES DE EFLUENTE DO PROCESSO DE REFINO	4
2.3 CARACTERÍSTICAS GERAIS DO EFLUENTE	5
2.4 SISTEMAS DE TRATAMENTO DE EFLUENTES DA PRODUÇÃO DE ÓLEO DE SOJA	7
2.5 EMULSÕES ÓLEO/ÁGUA	8
2.5.1 Estabilidade de Emulsões	8
2.5.2 Desestabilização das Emulsões.....	11
2.6 OS PROCESSOS DE COAGULAÇÃO E FLOCULAÇÃO.....	12
2.6.1 Coagulação	12
2.6.2 Floculação.....	14
2.7 FLOTAÇÃO	17
2.7.1 Flotação por Ar Dissolvido (FAD).....	18
2.7.2 Aderência das Partículas nas Microbolhas de Ar	26
2.7.3 Relação A/S	27
2.7.4 Taxa de Escoamento Superficial.....	28
2.8 INFLUÊNCIA DAS CONDIÇÕES HIDRODINÂMICAS.....	29
2.9 REUSO PARA FINS INDUSTRIAIS	30
3 MATERIAL E MÉTODOS.....	32
3.1 EQUIPAMENTOS	32
3.2 PRODUTOS QUÍMICOS.....	34
3.3 COLETA DAS AMOSTRAS	35
3.4 DETERMINAÇÃO DA FAIXA DE PH	36

3.5	ENSAIO NO FLOTATESTES	37
3.5.1	Operação do Equipamento em um Ensaio Típico de Flotação	39
3.6	TESTES PRELIMINARES COM OS COAGULANTES E CONSTRUÇÃO DOS DIAGRAMAS DE COAGULAÇÃO	41
3.7	INFLUÊNCIA DA AÇÃO CONJUNTA DOS COAGULANTES COM OS POLIELETRÓLITOS NA ETAPA DE FLOCULAÇÃO NA REMOÇÃO DA TURBIDEZ E COR APARENTE	43
3.8	INFLUÊNCIA DA VARIAÇÃO DA TAXA DE RECIRCULAÇÃO (R)	43
3.9	CARACTERIZAÇÃO DAS AMOSTRAS	44
4	RESULTADOS E DISCUSSÕES	45
4.1	CARACTERIZAÇÃO DO EFLUENTE BRUTO PARA AS TRÊS BATERIAS DE ENSAIOS	45
4.2	CONSTRUÇÃO DOS DIAGRAMAS DE COAGULAÇÃO	46
4.3	INFLUÊNCIA NA REMOÇÃO DE TURBIDEZ E COR APARENTE COM O USO DE DIFERENTES CONCENTRAÇÕES DE POLIELETRÓLITOS COMBINADOS AO PH ÓTIMO DE COAGULAÇÃO E CONCENTRAÇÃO ÓTIMA DE COAGULANTE.	51
4.4	INFLUÊNCIA NA REMOÇÃO DE TURBIDEZ E COR APARENTE COM O USO DE DIFERENTES RAZÕES DE RECIRCULAÇÃO (R)	57
4.5	REMOÇÃO DOS PARÂMETROS TURBIDEZ, SST, SSV, O&G E DQO	59
5	CONCLUSÕES	62
6	RECOMENDAÇÕES PARA FUTURAS INVESTIGAÇÕES	63
	REFERÊNCIAS	64
	APÊNDICES	68
	APÊNDICE A - ENSAIOS DE COAGULAÇÃO, FLOCULAÇÃO E FLOTAÇÃO VISANDO COMPARAR A EFICIENCIA DE REMOÇÃO DE TURBIDEZ E COR APARENTE REFERENTE À PRIMEIRA BATERIA	69
	APÊNDICE B - ENSAIOS DE COAGULAÇÃO, FLOCULAÇÃO E FLOTAÇÃO VISANDO COMPARAR A EFICIENCIA DE REMOÇÃO DE TURBIDEZ E COR APARENTE REFERENTE À SEGUNDA BATERIA	76

APÊNDICE C - ENSAIOS DE COAGULAÇÃO, FLOCULAÇÃO E FLOTAÇÃO VISANDO COMPARAR A EFICIENCIA DE REMOÇÃO DE TURBIDEZ E COR APARENTE REFERENTE À TERCEIRA BATERIA.....	84
ANEXO	93
ANEXO A - FICHAS TÉCNICAS E DE SEGURANÇA DOS COAGULANTES E POLIELETRÓLITOS	94

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 -	Valores típicos para os processos de extração e refino.....	6
Tabela 2 -	Parâmetros de lançamento de efluentes exigidos pelo IAP para extração e refino de óleo de soja	6
Tabela 3 -	Características físico-químicas do efluente nas diversas etapas do tratamento.....	6
Tabela 4 -	Função de alguns coagulantes	14
Tabela 5 -	Floculantes e suas funções.....	15
Tabela 6 -	Caracterização do efluente utilizado por AZBAR e YONAR (2004)21	
Tabela 7 -	Parâmetros de projeto para um sistema de FAD para emulsão óleo/água	28
Tabela 8 -	Padrões de qualidade recomendados para águas de reposição em sistemas de resfriamento com recirculação	31
Tabela 9 -	Parâmetros fixos dos ensaios de flotatestes do capítulo 3.6	42
Tabela 10 -	Parâmetros fixos dos ensaios de flotatestes do capítulo 3.7	43
Tabela 11 -	Parâmetros fixos dos ensaios de flotatestes do capítulo 3.8	44
Tabela 12 -	Características do efluente bruto nas baterias de ensaios 1, 2 e 345	
Tabela 13 -	Caracterização do efluente bruto, tratado e % de remoção para a 1ª bateria de ensaios	60
Tabela 14 -	Caracterização do efluente bruto, tratado e % de remoção para a 2ª bateria de ensaios	60
Tabela 15 -	Caracterização do efluente bruto, tratado e % de remoção para a 3ª bateria de ensaios	61

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 -	Fluxograma simplificado do processo de refino de óleo de soja....3
Figura 2 -	Representação esquemática do modelo da dupla camada elétrica e dos planos de adsorção.10
Figura 3 -	Mecanismos envolvidos na desestabilização de emulsões.11
Figura 4 -	Esquema de neutralização das cargas, coagulação e floculação.14
Figura 5 -	Influência da concentração de floculante na eficiência de separação óleo/água por FAD ($Q=0,6 \text{ m}^3/\text{h}$, $Co=568 \text{ mg/L}$, $t=23 \text{ min}$, $Ta=20 \text{ }^\circ\text{C}$, $To=35 \text{ }^\circ\text{C}$, $\Delta P=11-6-0 \text{ kgf/cm}^2$).....16
Figura 6 -	Demonstração de um floco formado por um polímero catiônico..17
Figura 7 -	Esquema geral de uma unidade de flotação por ar dissolvido.....19
Figura 8 -	(a) Eficiência no tratamento de efluente pela combinação da quebra ácida + flotação + coagulação com sulfato de alumínio. (b) Eficiência no tratamento de efluente pela combinação da quebra ácida + flotação + coagulação com cloreto férrico.21
Figura 9 -	(a) Eficiência do tratamento de efluente com a combinação de FAD + coagulação com sulfato de alumínio. (b) Eficiência do tratamento de efluente com a combinação de FAD + coagulação com cloreto férrico.....22
Figura 10 -	Efeito da dosagem de sulfato férrico na concentração de óleo residual em diferentes valores de pH.....24
Figura 11 -	Concentração de óleo residual e o potencial zeta em função da dosagem de sulfato de alumínio em um valor de pH=8.25
Figura 12 -	Concentração de óleo residual e o potencial zeta em função da dosagem de sulfato de alumínio em um valor de pH=7.25
Figura 13 -	Aparelho para <i>jar test</i>33
Figura 14 -	Câmara de saturação.....33
Figura 15 -	Jarro para teste de flotação.34
Figura 16 -	Ensaio de pH com béqueres.36
Figura 17 -	Topo da câmara de saturação.37
Figura 18 -	Fundo da câmara de saturação.38

Figura 19 - Válvula reguladora de pressão.	39
Figura 20 - Diagrama de coagulação para efluente de refino de óleo de soja. Turbidez remanescente em função da dosagem do coagulante IC 1176 e pH corrigido, $V_a = 1,67$ cm/min. Água bruta: turbidez = 4450 NTU.....	46
Figura 21 - Influência do coagulante IC 1176 no pH_f	47
Figura 22 - Diagrama de coagulação para efluente de refino de óleo de soja. Turbidez remanescente em função da dosagem do coagulante PE 019 e pH corrigido, $V_a = 1,67$ cm/min. Água bruta: turbidez = 33700 NTU.....	48
Figura 23 - Influência do coagulante PE 019 no pH_f	49
Figura 24 - Diagrama de coagulação para efluente de refino de óleo de soja. Turbidez remanescente em função da dosagem de do coagulante PC 2700 e pH corrigido, $V_a = 1,67$ cm/min. Água bruta: turbidez = 36800 NTU.....	49
Figura 25 - Influência do coagulante PC 2700 no pH_f	50
Figura 26 - Comparação entre dosagem e turbidez da 1ª bateria.....	51
Figura 27 - Comparação entre dosagem e remoção da cor aparente da 1ª bateria.....	52
Figura 28 - Comparativo de eficiência de remoção de turbidez entre os melhores resultados obtidos com os diferentes polieletrólitos e efluente tratado sem adição de polieletrólito para a 1ª bateria. ...	52
Figura 29 - Comparação entre dosagem e remoção de turbidez da 2ª bateria.	53
Figura 30 - Comparação entre dosagem e remoção da cor aparente da 2ª bateria.....	53
Figura 31 - Comparativo de eficiência de remoção de turbidez entre os melhores resultados obtidos com os diferentes polieletrólitos e efluente tratado sem adição de polieletrólito para a 2ª bateria. ...	54
Figura 32 - Comparação entre dosagem e remoção de turbidez da 3ª bateria.	54
Figura 33 - Comparação entre dosagem e remoção da cor aparente da 3ª bateria.....	55
Figura 34 - Comparativo de eficiência de remoção de turbidez entre os melhores resultados obtidos com os diferentes polieletrólitos e efluente tratado sem adição de polieletrólito para a 3ª bateria. ...	56

Figura 35 - Jarros em agitação com polieletrólito e sem polieletrólito.....	57
Figura 36 - Remoção da turbidez em relação ao aumento de R.....	58
Figura 37 - Remoção da cor aparente em relação ao aumento de R.....	58
Figura 38 - Eficiência de remoção de turbidez em relação ao aumento de R.	58
Figura 39 - Eficiência de remoção de cor aparente em relação ao aumento de R.	59
Figura 40 - Ilustração dos testes de variação de R.	59

LISTA DE SIGLAS, SÍMBOLOS E ABREVIATURAS

Al₂(OH)₃	- Hidróxido de alumínio
AT	- Alcalinidade total
A/S	- Relação ar sobre sólidos
atm	- Atmosferas
Ca⁺²	- Íon de cálcio
Ca(OH)₂	- Hidróxido de cálcio
Co	- Concentração de óleo
-COOH	- Ácido Carboxílico
-COO⁻	- Ion Carboxílico
C_c	- Concentração de coagulante
C_c ótima	- Concentração de coagulante ótima
C_f	- Concentração de floculante
C_f ótima	- Concentração ótima de floculante
CIP	- <i>Clean in place</i>
°C	- Graus Celsius
DQO	- Demanda química de oxigênio
DBO	- Demanda bioquímica de oxigênio
ΔP	- Diferença de pressão
FeCl₃	- Cloreto férrico
FeSO₄	- Sulfato ferroso
FAI	- Flotação por ar induzido
FAD	- Flotação por ar dissolvido
Gf	- Gradiente de velocidade médio de floculação
Gmr	- Gradiente de velocidade media de mistura rápida
H₂O	- Água
H⁺	- Íon hidrogênio
h	- Hora
L	- Litro
mm	- Milímetros
mmHg	- Milímetros de mercúrio

ml	- Mililitros
m	- Metros
mg	- Miligramas
Na⁺	- Íon de sódio
NTU	- Unidades nefelométricas de turbidez
O&G	- Óleos e graxas
PAC	- Cloreto de polialumínio
pH	- Potencial hidrogeniônico
pH_f	- pH final
pH_{coag}	- pH de coagulação
pH_{coag ótimo}	- pH ótimo de coagulação
ppm	- Parte por milhão
Pa	- Pascal
Q/A	- Vazão sobre área
R	- Razão de recirculação
R²	- Coeficiente de correlação
rpm	- Rotações por minuto
SST	- Sólidos suspensos totais
SSV	- Sólidos suspensos voláteis
s⁻¹	- Gradiente de velocidade
s	- Segundos
T_{mr}	- Tempo de mistura rápida
T_f	- Tempo de floculação
T_a	- Temperatura da água
T_o	- Temperatura do óleo
TES	- Taxa de escoamento superficial
ton	- Toneladas
V_{ca}	- Velocidade critica ascensional
V_a	- Velocidade ascensional
V_{ótima}	- Velocidade ascensional ótima

RESUMO

Este trabalho foi desenvolvido com o objetivo de avaliar o desempenho de três tipos de coagulantes, dois da classe dos PACs (cloreto de polialumínio) e um orgânico, combinados a três classes de polieletrólitos (aniônico, catiônico e não iônico), aplicando o uso de Flotação por Ar Dissolvido (FAD), para viabilizar seu uso em tratamento de efluentes de refinaria de óleo de soja. O experimento foi conduzido em escala de laboratório e primeiramente foram testados os coagulantes em diversas dosagens combinados a diversas faixas de pH e três velocidades ascensionais (V_a), encontrando uma faixa ótima dessa combinação para cada uma das três baterias. Para tanto foram fixados parâmetros como tempo e gradiente de mistura rápida ($1 \text{ min} / 150 \text{ s}^{-1}$) tempo e gradiente de mistura lenta ($10 \text{ min} / 40 \text{ s}^{-1} - 5 \text{ min} / 20 \text{ s}^{-1}$), pressão na câmara de saturação (450 kPa) e razão de recirculação (30%). Encontrando-se a concentração de coagulante ótima ($C_{c \text{ ótima}}$), pH de coagulação ótimo ($\text{pH}_{\text{coag ótimo}}$) e velocidade ascensional ótima ($V_{a \text{ ótima}}$). Fixados esses parâmetros foi verificada a variação do polieletrólito, testando-se em diversas dosagens e encontrando uma concentração de floculante ótima ($C_{f \text{ ótimo}}$). Finalmente, com a junção de todos os parâmetros otimizados, efetua-se a variação da razão de recirculação (R) (10, 20 e 30%), escolhendo a melhor R e coletando-se amostras para a determinação dos níveis de turbidez, sólidos suspensos totais (SST), sólidos suspensos voláteis (SSV), óleos e graxas (O&G) e demanda química de oxigênio (DQO) remanescentes no efluente tratado apresentando um grau de remoção de DQO de 95,4%, 93,7% e 95,1% e de O&G de 100%, 94,2% e 99,8% para as baterias 1, 2 e 3 respectivamente. Apesar de serem eficiências excelentes de remoção, o efluente tratado não apresentou características de reuso em torres de resfriamento, pois sua carga orgânica no efluente bruto é muito alta e mesmo com níveis tão bons de remoção ainda seria necessário um pós-tratamento para se avaliar a possibilidade de reuso.

Palavras-chave: Coagulação, polieletrólitos, flotação por ar dissolvido, refinaria de óleo de soja, reuso.

VALUATION OF PERFORMANCE OF DISSOLVED AIR FLOTATION ON TREATMENT OF WASTEWATERS OF SOYBEAN OIL REFINING

ABSTRACT

The aim of this work was to value the performance of three types of coagulants, two of them of polichlorate of alum class and one of them was organic, combined to three polyelectrolytes class (anionic, cationic and no ionic) applying the dissolved air flotation (DAF), to viability their use on treatment of effluents of soybean oil refinery. The study was conducted on laboratory scale where first was tested the coagulants on several dosages combined to several bands of pH and three ascension velocities (V_a), finding a optimum band of this combination for one of each three batteries. For this, was fixed parameters how time and fast mixed gradient ($1 \text{ min} / 150 \text{ s}^{-1}$), time and slow mixed gradient ($10 \text{ min} / 40 \text{ s}^{-1} - 5 \text{ min} / 20 \text{ s}^{-1}$), pressure on saturation chamber (450 kPa) and recirculation ratio (30%). Finding the optimum concentration of coagulant ($C_{c \text{ ótimo}}$), optimum coagulation pH ($\text{pH}_{\text{coag ótimo}}$) and optimum ascension velocities ($V_{a \text{ ótimo}}$), fix those parameters and then goes for a variation of polyelectrolyte, testing several dosages and finding a optimum concentrate of polyelectrolyte ($C_{f \text{ ótimo}}$). Finally, with junction of all optimized parameters, was varied de recirculation rate (R) (10, 20 e 30%), choosing the best R and collecting samples for the determination of levels of turbidity, total suspended solids (TSS), volatile suspended solids (VSS), oil and greases (O&G) and chemical oxygen demand (COD) remaining on treated effluent presenting a percentage of remotion COD of 95,4%, 93,7% and 95,1% and O&G of 100%, 94,2% e 99,8% for the batteries 1, 2 e 3 respectively. Despite of being excellent efficiencies of remotion, the treated effluent was not present characteristics for the reuse on the cooling water towers, because its organics load on the raw effluent its too much higher and even with so good levels of remotion, still was necessary a pos treatment to think on reuse.

Key words: Coagulation, polyelectrolyte, dissolved air flotation, soybean oil refinery, reuse.

1 INTRODUÇÃO

A agroindústria possui um elevado potencial para causar impactos ambientais negativos relacionados à geração de resíduos. Os principais estão relacionados ao elevado consumo de água, como insumo, processamento, limpeza, resfriamento, segurança, geração de vapor, etc., contaminação das águas devido à geração de efluentes e a geração de poluentes atmosféricos e de resíduos sólidos. Também existem os efluentes de origem sanitária, denominadas águas servidas (pias, chuveiro, sanitários, etc.), que devem ter destino adequado, preferencialmente em rede pública de coleta de esgoto.

Num momento em que se trata muito sobre a questão do racionamento de água, as agroindústrias apresentam um alto consumo desse recurso natural, como é o caso das indústrias de refino de óleo de soja, que consomem em média 500 L/ton de óleo. Isto sem considerar o consumo das caldeiras que são utilizadas para a geração de vapor. Esses 500 L/ton é a parcela que não se aproveita dentro da indústria e deve receber um tratamento adequado para disposição, tanto na rede de esgoto como em rios ou até mesmo para reuso. Como os órgãos ambientais estão cada vez mais exigentes em relação à qualidade do efluente final, as indústrias estão se obrigando a buscar alternativas dentro do processo para reduzir o consumo excessivo da água.

O efluente gerado no processo de industrialização do óleo de soja possui alto nível de demanda química de oxigênio (DQO), sólidos suspensos e dissolvidos, óleos e graxas, óleos complexos, compostos alcalinos e outras substâncias orgânicas, não podendo ser descartado na sua forma bruta no meio ambiente. Para tanto, deve-se escolher um sistema de tratamento adequado, em que se considerem os equipamentos e as técnicas de tratamento como:

- tipos e concentração de contaminantes presentes no efluente;
- qualidade que a água deve atingir após o tratamento;
- vazão da água a ser tratada;
- método e opções que ofereçam uma boa relação custo/benefício;

Uma das técnicas que se sobressai é o tratamento por flotação por ar dissolvido que é estudada neste trabalho.

A pesquisa foi realizada em escala de bancada, podendo os resultados serem úteis posteriormente em uma unidade de tratamento físico-químico com flotação por ar dissolvido em escala industrial.

O objetivo deste estudo é testar três tipos de coagulantes, dois da classe dos PACs (cloreto de polialumínio) e um orgânico, combinados a três classes de polieletrólitos (aniônico, catiônico e não iônico), aplicando a técnica de flotação por ar dissolvido (FAD), para viabilizar seu uso em tratamento de efluentes de refinaria de óleo de soja. Isto será demonstrado pela determinação da melhor faixa de coagulação, desempenho dos polieletrólitos combinados aos agentes coagulantes, influência da razão de recirculação e comparação do efluente bruto com o tratado, demonstrando a eficiência da remoção de parâmetros como turbidez, sólidos suspensos totais (SST), sólidos suspensos voláteis (SSV), óleos e graxas (O&G) e demanda química de oxigênio (DQO). Desse modo, poderá ser avaliada a possibilidade de reuso da água tratada em torres de resfriamento no processo de industrialização.

2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

Neste capítulo será apresentada uma revisão bibliográfica sobre o processo de refino de óleo de soja e a geração do efluente desse processo, assim como o método para remoção dos poluentes encontrados neste tipo de efluente. Alguns artigos citados se referem a efluentes de refinaria de óleo vegetal, porém na literatura disponível não são encontradas muitas publicações sobre este tipo de despejo.

Neste capítulo, também são apresentados os principais conceitos sobre a tecnologia escolhida para este estudo: coagulação, floculação e flotação por ar dissolvido.

2.1 PROCESSO DE REFINO DO ÓLEO DE SOJA

Segundo WILLEY (2001), em geral, óleos brutos contêm além dos triglicerídeos, ácidos graxos livres, gomas (fosfolipídios), peróxidos e matérias oxidáveis, metais e matéria insaponificável. O refino convencional pode ser descrito, de maneira simplificada, conforme a Figura 1.

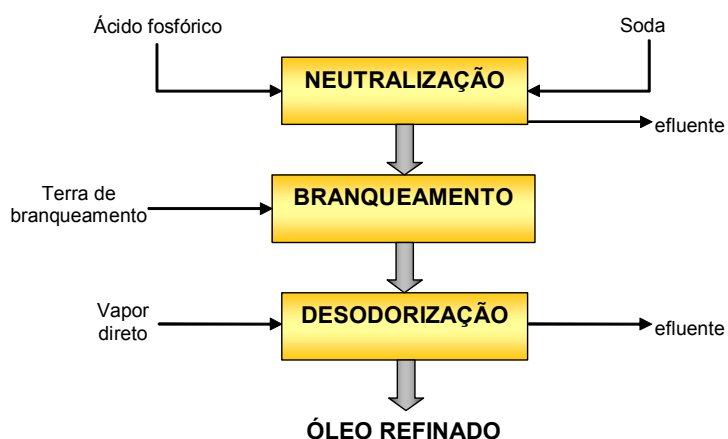


Figura 1 - Fluxograma simplificado do processo de refino de óleo de soja.

O óleo entra na refinaria como óleo degomado com alguns componentes que devem ser removidos. Recebe um pré-tratamento com ácido fosfórico para hidratar os fosfatídeos não hidratáveis. A lixívia (soda cáustica + água) é então adicionada para neutralizar os ácidos graxos livres e dissolver uma grande fração de fosfatídeos e açúcares. Desse resultado decorre um óleo neutralizado e na formação de sabões na fase aquosa, o qual é facilmente separado do óleo por sistema de centrifugação. Em seguida o óleo entra no branqueador onde são adicionadas ao óleo neutralizado argila ácida ativada e terra diatomácea. Esta etapa tem a função de remover pigmentos como as clorofilas e xantofilas, os peróxidos, os sabões e metais. A terra de branqueamento é então removida por filtração e o óleo é retirado pela aplicação de água quente ou vapor antes da eliminação como um rejeito sólido.

Após o branqueamento, o vapor de desodorização decompõe os peróxidos restantes, remove pigmentos como os carotenóides, remove os constituintes responsáveis pelos odores e sabores e reduz os ácidos graxos livres aos níveis de 0,01 – 0,03%. A desodorização é feita em vasos sob vácuo, os quais são comumente de multiestágios de vapor e intercondensadores barométricos.

2.2 FONTES DE EFLUENTE DO PROCESSO DE REFINO

De acordo com WILLEY (2001), as maiores fontes de efluentes do processo de refino são:

- água ácida da quebra das cadeias de sabões na neutralização;
- água do poço barométrico da desodorização e outros sistemas de vácuo;
- uma taxa de menor volume, incluindo lavagem de pisos, lavagem da terra de branqueamento, condensados, drenagem de tanques, etc.

Tipicamente, a água de neutralização dos ácidos graxos livres resulta em alguma perda de óleo neutro. O nível dessa perda é afetado pela

quantidade de álcali usado, seu tempo de contato com o óleo e a quantidade de fosfolipídios no óleo. Na neutralização por centrifugação é usado menos álcali, gerando menos água de lavagem.

Em operações convencionais, a neutralização e o branqueamento são seguidos de desodorização a temperaturas de 170 a 270°C e pressões absolutas de 3-6 mmHg. Matéria poluente da desodorização aparece nas gotículas de óleo perdidas, devido aos respingos e aos componentes voláteis como ácidos graxos livres, aldeídos e cetonas, os quais são carregados do desodorizador pelo vapor vivo.

2.3 CARACTERÍSTICAS GERAIS DO EFLUENTE

Os efluentes líquidos gerados no processamento de soja originam-se na extração do óleo e no subsequente refino. Segundo DORSA (2004), as características físico-químicas dos efluentes produzidos nestas duas etapas de processamento são razoavelmente distintas. O efluente de extração caracteriza-se por carga orgânica moderada, baixo teor de sólidos voláteis em suspensão, baixo teor de óleo e pH neutro, enquanto o gerado no processo de refino, geralmente, acusa uma carga orgânica elevada, concentração variável, porém, geralmente, alta de óleo emulsionado, alto teor de sólidos voláteis em suspensão e pH bastante variável.

Na Tabela 1 verifica-se que os valores de DBO e DQO são baixos para a água de extração, sendo removidos apenas com um tratamento biológico.

O Manual de Licenciamento Ambiental do Paraná (PARANÁ, 1998) estabelece os parâmetros para o lançamento de efluentes líquidos industriais (Tabela 2) e a quantidade de água gerada para efeito de carga poluidora por unidade industrial, por tipo de atividade.

Para atingir os parâmetros solicitados pelo órgão ambiental, o efluente deve passar por um processo de tratamento. A característica do efluente de refino de óleo de soja é a presença de óleos livres e flutuantes e sólidos com pouca tendência de sedimentação. Por isso, o tratamento físico-químico de

coagulação, floculação e flotação proporciona um alto grau de clarificação acompanhado de reduções de DQO e DBO expressivas (AQUAFIL, 1987). A Tabela 3 mostra as características físico-químicas da água nas etapas de equalização, coagulação e floculação/flotação.

Tabela 1 - Valores típicos para os processos de extração e refino

PARÂMETROS	EXTRAÇÃO ¹	REFINO ²
DQO (mgO ₂ /L)	350	4500 – 12000
DBO (mgO ₂ /L)	185	2000 – 4500
pH	6,6	4,3 – 9,0*
Óleos e graxas (mg/L)	25	800 – 2000
Sólidos Suspensos Totais (mg/L)	40	450 – 1000
Sólidos suspensos fixos (mg/L)	10	30 – 100
Sólidos suspensos voláteis (mg/L)	30	420 – 900

Notas: 1 – Valores médios

2 – Faixa aproximada encontrada em diversos casos.

(*) Certas operações de limpeza com soda cáustica podem gerar valores mais altos.

Fonte: DORSA (2004).

Tabela 2 - Parâmetros de lançamento de efluentes exigidos pelo IAP para extração e refino de óleo de soja

CONSUMO DE ÁGUA	400 L/ton DE SOJA
Óleo Bruto	2000 L/ton
Óleo Refinado	3500 L/ton
DBO Tratado	50 mg/L
DQO Tratado	125 mg/L

Fonte: PARANÁ (1998).

Tabela 3 - Características físico-químicas do efluente nas diversas etapas do tratamento

PARÂMETRO	EQUALIZAÇÃO	COAGULAÇÃO	FLOCULAÇÃO/FLOTAÇÃO
pH	4,3 – 5,8	6,0 – 8,0	6,0 – 8,0
Temperatura (°C)	~50	~40	~35
DQO (mgO ₂ /L)	6600	6600	1980
DBO (mgO ₂ /L)	3940	3940	1182
SST (mg/L)	453	1142	≥ 100
SSV (mg/L)	420	420	~50

Fonte: AQUAFIL (1987).

2.4 SISTEMAS DE TRATAMENTO DE EFLUENTES DA PRODUÇÃO DE ÓLEO DE SOJA

Segundo DORSA (2004), o sistema mais utilizado em plantas de extração é o de lodos ativados e aeração prolongada. No caso do refino, o tratamento por flotação parece ser o mais adequado devido à presença de agentes emulsionantes nos efluentes (sabões, fosfatídeos). Um único tratamento para a mistura dos dois efluentes não é viável em função das características próprias de cada um. Em ambos os tratamentos, obtém-se um efluente ainda com alto teor de água e, neste caso, a utilização de centrífuga horizontal do tipo *decanter* para a concentração dos sólidos proveniente de ambos parece ser a solução técnica mais adequada, para se chegar a um pequeno volume de material a ser descartado. No refino de óleo de soja, a combinação de óleos livres, óleos emulsificados e sólidos voláteis na presença de teores variáveis de fosfato e alcalinidade resulta numa suspensão de natureza coloidal, fato que tem profundas implicações para a depuração dos efluentes gerados. Ainda, segundo DORSA (2004), por outro lado, os efluentes de extração têm sido tratados, tradicionalmente, pelo método de aeração prolongada por três motivos:

- 1) A principal fonte de contaminação são proteínas que, embora totalmente biodegradáveis, são moléculas complexas que exigem tempos de retenção hidráulica longos para assegurar a sua degradação.
- 2) A vazão é baixa (normalmente abaixo de 3,0 m³/h).
- 3) As fábricas de extração localizam-se, geralmente, próximas às áreas de cultivo, que se podem permitir inutilizar áreas relativamente grandes para a implantação de lagoas.

A incompatibilidade dos efluentes de refino com lagoas de aeração como forma de tratamento reside em dois aspectos: a carga orgânica no mínimo dez vezes maior em relação ao efluente de extração e a presença de óleos livres. A concentração de sólidos voláteis em lagoas de aeração prolongada é, geralmente, inferior a 300 mg/L. Além do aspecto de dimensionamento em termos de DBO₅, a presença de óleos livres inviabiliza a

respiração aeróbica dos organismos por formar uma camada impermeável ao redor dos flocos biológicos, perdendo-se toda a capacidade de oxidação biológica. A parte principal da carga orgânica presente nos efluentes de extração/refino de óleo de soja ou é insolúvel (óleos, tocoferol, sais de ácidos graxos, etc.) ou reage com coagulantes inorgânicos (proteínas, por exemplo). Dessa forma, um tratamento físico-químico eficiente promove a desestabilização da suspensão coloidal separando-a em duas fases distintas: os flocos e o efluente clarificado, com os flocos mostrando pouca tendência à sedimentação. É nestes casos que o processo de flotação por ar dissolvido é recomendado (DORSA, 2004).

2.5 EMULSÕES ÓLEO/ÁGUA

Segundo Shaw (1975) citado por ROSA (2003), uma emulsão é definida como uma mistura de dois líquidos imiscíveis ou parcialmente miscíveis, em que uma das fases encontra-se dispersa na outra sob a forma de gotas de tamanho microscópico ou coloidal.

2.5.1 Estabilidade de Emulsões

Entende-se por estabilidade de uma emulsão a capacidade de manter sua homogeneidade durante certo período de tempo. A dispersão da fase oleosa, em meio aquoso, provoca um aumento da energia interfacial do sistema e, por esse motivo, as emulsões são sistemas termodinamicamente instáveis, em relação à separação das fases. Conforme Adamson (1976) citado por ROSA (2003), a estabilidade das emulsões pode ser decorrente de fatores termodinâmicos associados à energia interfacial, de fatores químicos e estruturais associados ao filme adsorvido na interface líquido-líquido, de forças eletrostáticas de longo alcance e da presença de partículas sólidas finamente divididas. Shaw (1975) citado por ROSA (2003) também considera que os

volumes relativos das fases líquidas, o tamanho de gotas da fase dispersa e a viscosidade também afetam a estabilidade das emulsões.

De acordo com ROSA (2003), as emulsões estabilizadas fisicamente são aquelas formadas sem adição de substâncias surfatantes, ou seja, a estabilidade é mantida por cargas elétricas inerentes ao sistema ou outras forças diferentes que não sofrem a influência de agentes estabilizantes. A estabilidade deste tipo de emulsão é fortemente afetada pela fração em volume da fase dispersa em relação à fase contínua, viscosidade da fase externa e, principalmente, pela distribuição de tamanho e carga superficial das gotas.

Na maioria dos casos, para que as emulsões apresentem uma estabilidade razoável é necessário adicionar uma substância surfatante, durante a sua formação (estabilização química). A estabilidade dessas emulsões é consequência da alta densidade de carga superficial conferida às gotas de óleo devido à adsorção da substância emulsificante na sua superfície. As gotas de óleo estabilizadas quimicamente, segundo LELINSKI (1993) e BEEBY e NICOL (1993), comportam-se mais como partículas sólidas do que as estabilizadas fisicamente devido à sua alta densidade de carga superficial e seu menor tamanho.

As gotículas de óleo presentes numa emulsão óleo/água, normalmente apresentam carga superficial negativa. Assim a estabilidade de certas emulsões pode estar associada às forças de interação eletrostática, resultantes da sobreposição das duplas camadas elétricas (Figura 2).

Vários autores, entre eles: LELINSKI (1993) e Santander (1998) citado por ROSA (2003), têm constatado que as gotículas de óleo apresentam carga superficial negativa para uma ampla faixa de pH (frequentemente a partir de 3). De acordo com LELINSKI (1993), o surgimento da carga superficial é decorrente de dois fatores:

a) ionização ou dissociação de grupos superficiais, por exemplo, a dissociação de prótons de grupos ácido carboxílico superficiais ($\text{-COOH} \rightarrow \text{-COO}^- + \text{H}^+$) deixando a superfície negativamente carregada;

b) adsorção específica de íons da solução na superfície das gotas. A adsorção de íons a partir da solução também pode ocorrer em sítios superficiais com carga contrária, por exemplo, a adsorção de íons Ca^{+2} em sítios COO^- deixados por íons H^+ ou Na^+ (troca iônica). Independente do

mecanismo associado, a carga de superfície será balanceada por um igual, mas opostamente carregado, números de íons presentes na fase aquosa, levando a uma distribuição desigual de cargas elétricas (íons) próximas à interface.

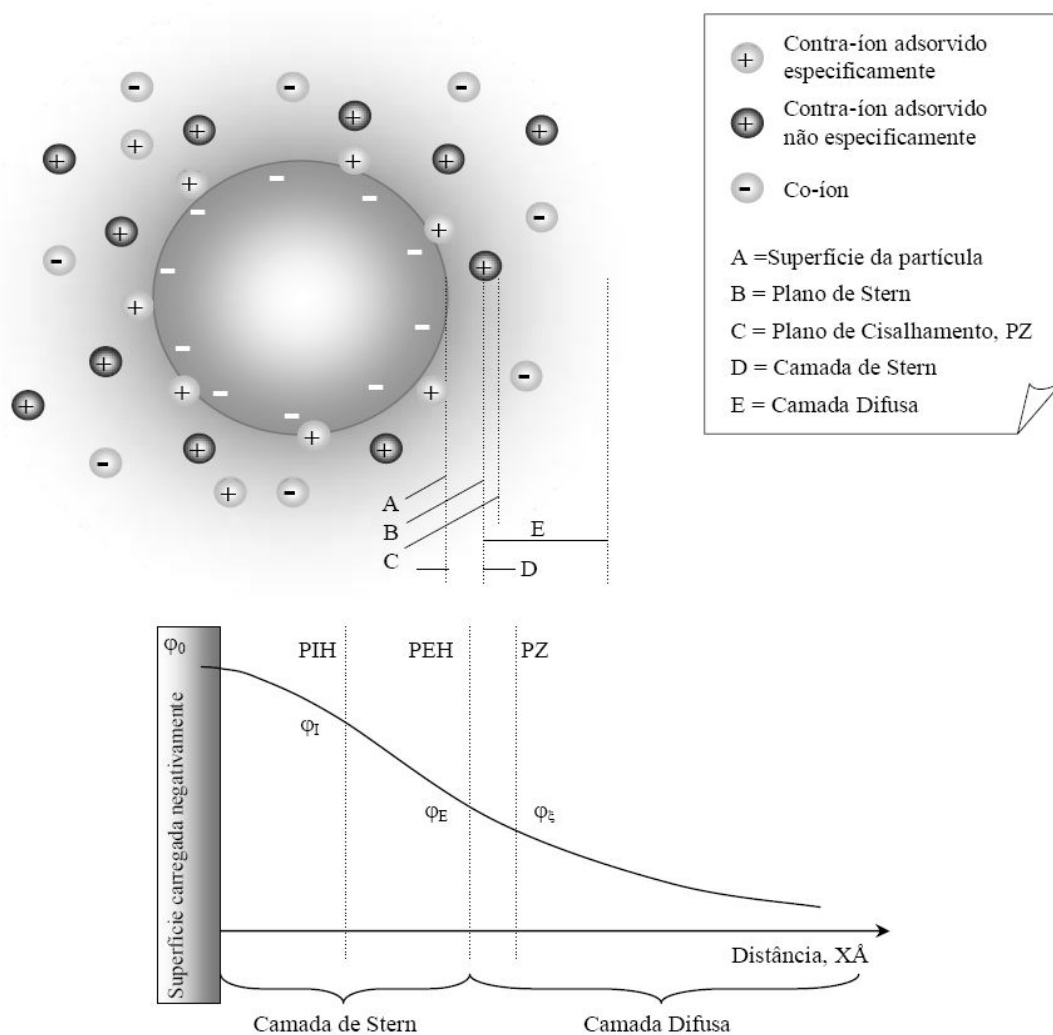


Figura 2 - Representação esquemática do modelo da dupla camada elétrica e dos planos de adsorção.

Fonte: ROSA (2003).

2.5.2 Desestabilização das Emulsões

Shaw (1975) citado por ROSA (2003) afirma que, em relação ao tratamento de efluentes, a busca de mecanismos que permitam reduzir a estabilidade de sistemas dispersos é sempre procurada. No caso das águas oleosas, a redução da estabilidade é fundamental para se obter a separação das duas fases líquidas. O processo de desestabilização de uma emulsão é governado por quatro diferentes fenômenos (Figura 3): coagulação, floculação, sedimentação (*creaming*) e coalescência.

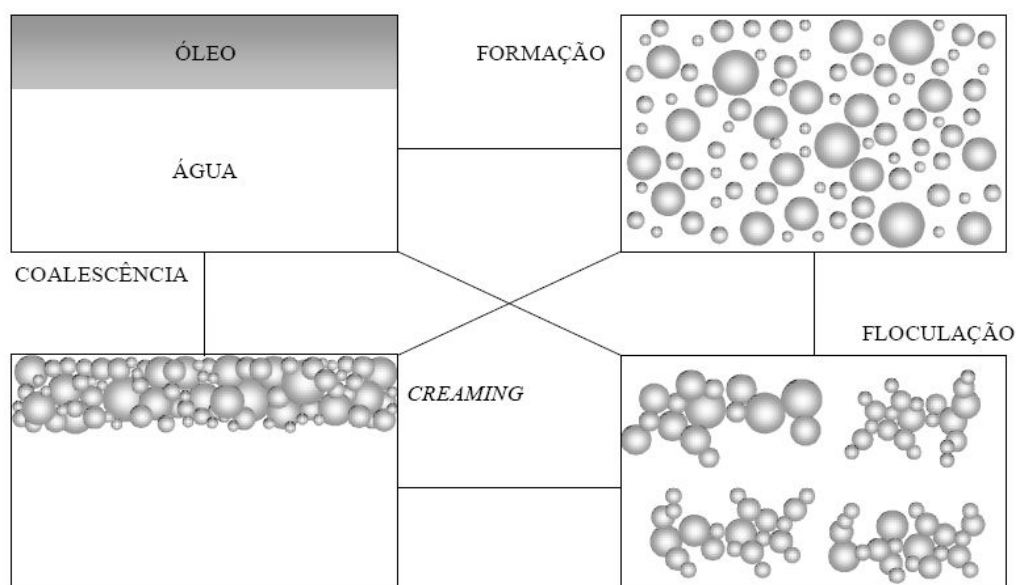


Figura 3 - Mecanismos envolvidos na desestabilização de emulsões.

Fonte: Rosa (2003).

A coalescência é a junção de duas ou mais gotículas para formar um só volume superior, porém com área interfacial menor (MENDES, 1989). A colisão entre as gotas pode levar à coalescência, fusão irreversível das gotas, e formação de grandes agregados até tornar-se novamente uma fase contínua separada do meio dispersante por uma simples interface. Segundo LELINSKI (1993), a cinética de coalescência depende principalmente da repulsão química entre os filmes adsorvidos à interface e do seu grau de dessorção.

O *creaming* é o deslocamento gravitacional das gotas para a superfície da fase contínua em função da diferença de densidade entre as duas fases, não necessariamente decorrente da coagulação e/ou floculação das gotas. O

aspecto principal que caracteriza o *creaming* é a manutenção da integridade física das gotas.

2.6 OS PROCESSOS DE COAGULAÇÃO E FLOCULAÇÃO

As operações de coagulação, floculação e flotação são processos importantes em tratamento de água e de efluentes industriais, mas, para que ocorram, é necessário promover a neutralização da superfície carregada eletricamente, proveniente da adsorção de íons (principalmente hidroxilas) presentes na água.

A presença de cargas elétricas aumenta a repulsão entre as partículas, dificultando a aglomeração e formação de agregados maiores e de mais fácil sedimentação. O fenômeno de neutralização consiste exatamente na eliminação dessas cargas eletrostáticas superficiais ou, em outras palavras, na diminuição do chamado potencial Zeta (KURITA, 2007).

2.6.1 Coagulação

De uma maneira simplificada, conforme AQUAFIL (1987), a finalidade da operação de coagulação é criar uma interface sólido-líquido ativa à qual outros sólidos, e/ou óleos, no efluente serão aglomerados.

Já, de uma forma mais elaborada, a coagulação corresponde à desestabilização da dispersão coloidal, obtida por redução das forças de repulsão entre as partículas com cargas negativas, por meio da adição de produto químico apropriado, habitualmente com sais de ferro ou de alumínio seguidos de agitação rápida, com o intuito de homogeneizar a mistura (PAVANELLI, 2001).

A coagulação pode ser explicada pelo modelo físico da dupla camada elétrica. A adição de um eletrólito inorgânico reduz a espessura da dupla camada elétrica, reduzindo as forças repulsivas eletrostáticas entre as

partículas. A coagulação ocorre quando a interação repulsiva entre as duplas camadas elétricas é suficientemente reduzida, permitindo a aproximação das partículas até que as forças de atração de *Van der Waals* predominem (ROSA, 2003).

Do ponto de vista eletrostático, a coagulação é a redução do potencial zeta (medida de estabilidade de uma partícula, indica o potencial necessário para romper a película protetora, de íons que rodeiam a partícula) pela adição de íons específicos. A coagulação ocorre quando a adição de um eletrólito catiônico baixa o potencial zeta, pois o eletrólito reduz as forças repulsivas permitindo a ação das forças atrativas de *Van Der Waals*, promovendo a aglutinação. As dosagens de eletrólitos dependem da concentração dos colóides (DI BERNARDO; COSTA, 1993).

Segundo Sawamura (1997) citado por TEIXEIRA (2003), o objetivo da coagulação química é reduzir a magnitude do potencial zeta para que as forças repulsivas entre as partículas sejam menores que as atrativas de *Van der Waals*. A estabilidade de uma dispersão coloidal decresce quando o potencial zeta atinge valores próximos de zero. Supõe-se que íons de valência elevada e carga oposta às partículas emulsionadas reduzam o potencial zeta, provocando a ruptura da emulsão.

A desestabilização química das partículas ocorre por meio da adição de coagulantes associada a uma agitação do meio líquido, objetivando a dispersão dos produtos químicos e a promoção de colisões entre as partículas presentes. Essa agitação do meio líquido, durante a coagulação, é chamada de mistura rápida. Os mecanismos de desestabilização ocasionados pela adição de coagulantes são: i) a compressão da dupla camada elétrica; ii) a adsorção-neutralização de cargas; iii) a varredura; iv) a adsorção e formação de pontes (TEIXEIRA, 2003).

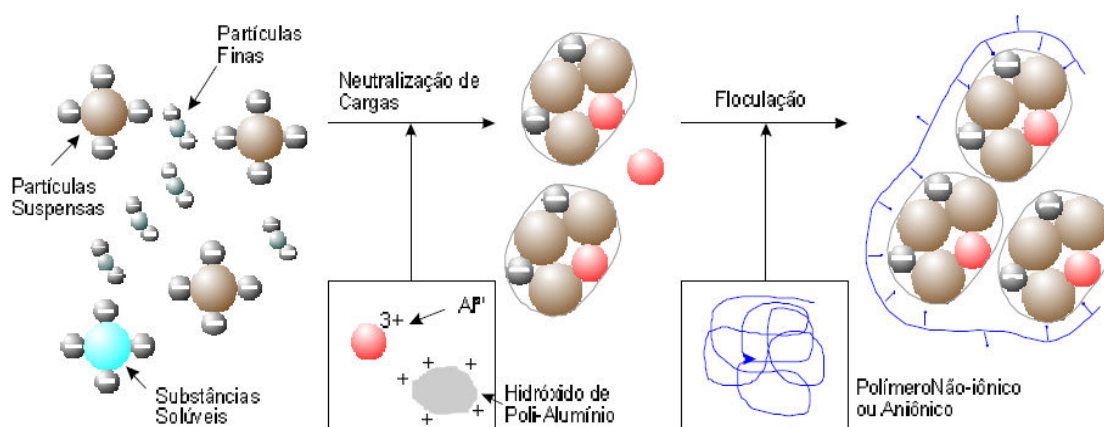
A Tabela 4 mostra alguns coagulantes e suas devidas funções.

Tabela 4 - Função de alguns coagulantes

COAGULANTE	FUNÇÃO
Sulfato de alumínio - $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$ Policloreto de alumínio - PAC Cloreto férrico - FeCl_3 Sulfato Ferroso - FeSO_4	Cátions polivalentes (Al^{3+} , Fe^{3+} , Fe^{2+} , etc.) neutralizam as cargas elétricas das partículas suspensas e os hidróxidos metálicos Ex.: $\text{Al}_2(\text{OH})_3$, ao adsorverem os particulados, geram uma floculação parcial.
Hidróxido de cálcio - $\text{Ca}(\text{OH})_2$	Usualmente utilizado como agente controlador do pH. Porém, os íons cálcio atuam também como agentes de neutralização das cargas elétricas superficiais, funcionando como um coagulante inorgânico.

Fonte: KURITA (2007).

A Figura 4 demonstra esquematicamente o processo de neutralização das cargas negativas pelo coagulante e, em seguida, a floculação, após a adição de um polímero não iônico ou aniônico.

**Figura 4 - Esquema de neutralização das cargas, coagulação e floculação.**

Fonte: KURITA (2007).

2.6.2 Floculação

Na floculação, as partículas menores suspensas das livres acumulações de flocos, arranjam-se facilmente sob influência de adição de substâncias especiais (floculantes). O uso de floculantes aumenta a densidade e a consistência dos flocos formados, reduzindo o consumo de coagulantes e

aumentando a eficiência do trabalho e a capacidade da planta de tratamento. A taxa e a eficácia do processo de floculação dependem da composição do efluente, de sua temperatura, da taxa de mistura e da ordem na qual o coagulante e o floculante são introduzidos no efluente. Quando dissolvidos no efluente, os floculantes podem estar em estado não ionizado ou ionizado. Se forem ionizados, são chamados de polieletrólitos solúveis. Dependendo da composição dos grupos polares, os floculantes podem ser catiônicos, aniônicos ou polímeros anfóteros que atuam tanto como catiônico quanto como aniônico (RADOIU *et al.*, 2004).

A Tabela 5 traz as funções de alguns tipos de floculantes.

Tabela 5 - Floculantes e suas funções

FLOCULANTE	FUNÇÕES
Polímeros Aniônicos e Não-Iônicos	Geração de “pontes” entre as partículas já coaguladas e a cadeia do polímero, gerando flocos de maior diâmetro.
Polímeros catiônicos	Neutralização das cargas elétricas superficiais que envolvem os sólidos suspensos e incremento do tamanho dos flocos formados (via formação de pontes). Usualmente utilizados no tratamento de lamas orgânicas.
Policátions	São polieletrólitos catiônicos de baixo peso molecular, os quais possuem como função principal a neutralização das cargas elétricas superficiais e aumento do tamanho dos flocos. Utilizados em substituição ao floculantes inorgânicos convencionais.

Fonte: KURITA (2007).

Em sistemas de decantação, opera-se pela lei de gravidade, enquanto, que em sistemas de flotação as partículas, independentemente da sua densidade e granulometria, são forçadamente arrastadas para a superfície do flotador. Assim, o polieletrólito tem que proporcionar, além de um baixo grau de turbidez da fase líquida, resistência física ao complexo ar-sólido-óleo, que os flocos não se desprendam das bolhas de ar. Essa diferença é importante porque, em ensaios do tipo *Jar test*, diversos produtos proporcionam flocos de um tamanho adequado aliado a um baixo grau de turbidez do meio líquido, porém, em ensaios de flotação, nem todos os produtos conferem a resistência

mecânica necessária para os flocos suportarem o seu arraste à superfície do flotador (DORSA, 2004).

Segundo AQUAFIL (1987), após o processo de floculação e remoção dos flocos, o tratamento do efluente de refinaria de óleo de soja, proporcionará uma redução de DBO de aproximadamente 70%.

RODRIGUES (2003), utilizando uma emulsão de petróleo com água, observou que uma pequena dosagem do polímero floculante não iônico resultou num grande aumento da eficiência de remoção de óleo (38% sem e 94% com adição de floculante). Entretanto, para dosagens maiores a eficiência de remoção voltou a diminuir (Figura 5).

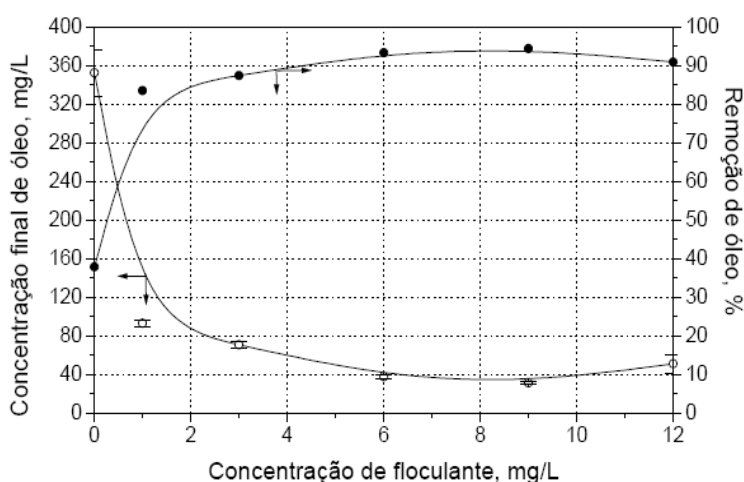


Figura 5 - Influência da concentração de floculante na eficiência de separação óleo/água por FAD ($Q=0,6 \text{ m}^3/\text{h}$, $Co=568 \text{ mg/L}$, $t=23 \text{ min}$, $Ta=20 \text{ }^\circ\text{C}$, $To=35 \text{ }^\circ\text{C}$, $\Delta P=11-6-0 \text{ kgf/cm}^2$).

Fonte: RODRIGUES (2003).

A desestabilização das gotas de óleo emulsificadas é indispensável para que o processo de flotação atinja valores de eficiência de separação que justifiquem sua utilização. A adição de reagentes coagulantes ou floculantes, como os polieletrólitos catiônicos e os polímeros não iônicos é, freqüentemente, necessária para aumentar a eficiência de separação de óleos emulsificados por flotação, conforme Burkhardt (1983), Sánchez e Leon (1984), Capps (1993) e Santander (1998) citados por RODRIGUES (2003). Esses pesquisadores também observaram que mesmo pouca quantidade de floculante (3 a 15 mg/L) já causa grande efeito e o uso de quantidades excessivas de floculantes diminui a eficiência do processo de flotação.

A floculação ocorre normalmente à baixa concentração de polímero, quando a superfície das partículas está apenas parcialmente coberta, devido à formação de pontes entre as partículas.

ROSA e RUBIO (2005) também trabalharam com emulsão óleo/água de refinaria de petróleo para tratamento por meio de floculação/flotação. Os resultados mostraram que, apesar do alto grau de emulsificação, a separação do óleo pela aeração do floco, foi muito rápida e quase completa (Figura 6).

Neste caso, o polímero utilizado foi um polímero catiônico.

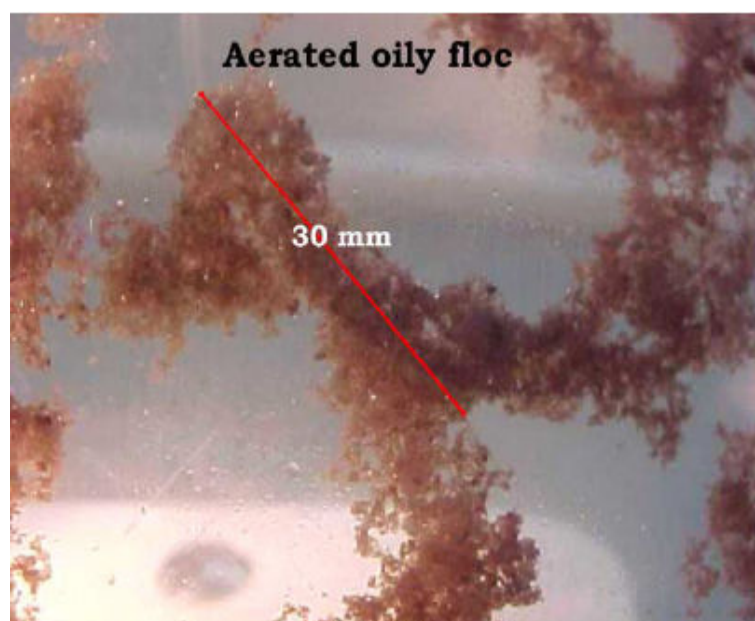


Figura 6 - Demonstração de um floco formado por um polímero catiônico.

Fonte: ROSA e RUBIO (2005).

2.7 FLOTAÇÃO

A flotação é definida como um processo de remoção de partículas no qual ocorre a introdução de microbolhas de ar que, quando em contato com as partículas, formam um aglomerado partícula-bolha de densidade aparente menor que a da água e que tende a flutuar até a superfície do tanque de flotação, onde é removido (LACERDA; MARQUES; BRANDÃO, 1998).

A flotação é a operação pela qual se obtém, num determinado sistema, a separação de “partículas” líquidas ou sólidas de uma fase líquida, introduzindo-se pequenas bolhas de gás, as quais aderem à superfície das “partículas”, aumentando o seu empuxo e provocando sua ascensão à superfície da fase líquida (REALI; CAMPOS, 1986).

A flotação tem sido usada para remoção de partículas suspensas finas de efluentes e lodos de mineração por 100 anos. A primeira prática de flotação foi a do tipo “mecânico”, na qual bolhas relativamente grosseiras de 2 a 5 mm, aproximadamente, eram introduzidas no líquido a ser tratado por soprimento de ar através de telas ou outro material poroso ou por insuflação de ar por um pressurizador. Em alguns pressurizadores o ar pode ser induzido da atmosfera sem a necessidade de sopradores ou compressores; esse tipo de flotação tornou-se conhecida por “flotação por ar induzido” (FAI) nos tratamentos de águas industriais (JAMESON, 1999).

Um método alternativo de flotação é a “flotação por ar dissolvido” (FAD), que é muito mais comum em tratamentos de água do que o FAI. Em FAD, o fluxo de água é saturado com ar à elevada pressão na ordem de 4 atm (JAMESON, 1999).

2.7.1 Flotação por Ar Dissolvido (FAD)

O processo de flotação por ar dissolvido (FAD) unido a uma etapa prévia de coagulação/floculação é capaz de promover, constantemente, remoções de DBO_5 superiores a 95%. O teor de óleos e graxas é reduzido para algo abaixo de 50 mg/L (DORSA, 2004).

De acordo com TEIXEIRA (2003), as bolhas de gás são obtidas por meio da liberação da parcela de gás previamente dissolvida na massa líquida, devido à repentina queda de pressão na entrada do tanque de flotação.

O tratamento envolve coagulação e aglomeração de sólidos e emulsões de óleo, flotando-se o floco resultante, com auxílio do empuxo proporcionado pela aderência de micro bolhas de ar. Durante o processo, produtos químicos como sais de ferro, alumínio, sílica ativada, polímeros

catiônicos ou aniônicos são adicionados para alterar as cargas da superfície das partículas, possibilitando a formação dos flocos. Alguns poluentes dissolvidos, como os metais, podem formar espécies insolúveis após a sua reação com sais inorgânicos, incorporando-se na massa de flocos. Auxiliares de floculação, como os polímeros catiônicos, também podem ser utilizados para a alteração das características dos flocos, modificando-se seu tamanho, peso específico e afinidade com as microbolhas de ar.

O ar é injetado na unidade sob pressão (câmara de saturação), de modo a dissolvê-lo na água. Quando a água saturada é injetada na câmara de flotação, o que, normalmente, é feito juntamente com o efluente líquido previamente floculado, a pressão cai devido à pequena coluna líquida presente e o ar é impossibilitado de permanecer em solução, criando pequenas bolhas. Dessa forma, os flocos aderem às bolhas e são transportados até a superfície da câmara, onde são removidos por raspadores (TEIXEIRA, 2003).

Segundo LACERDA, MARQUES e BRANDÃO (1998), o tipo de flotação mais utilizado é a flotação por ar dissolvido com pressurização parcial do efluente clarificado, conforme ilustrado pela Figura 7.

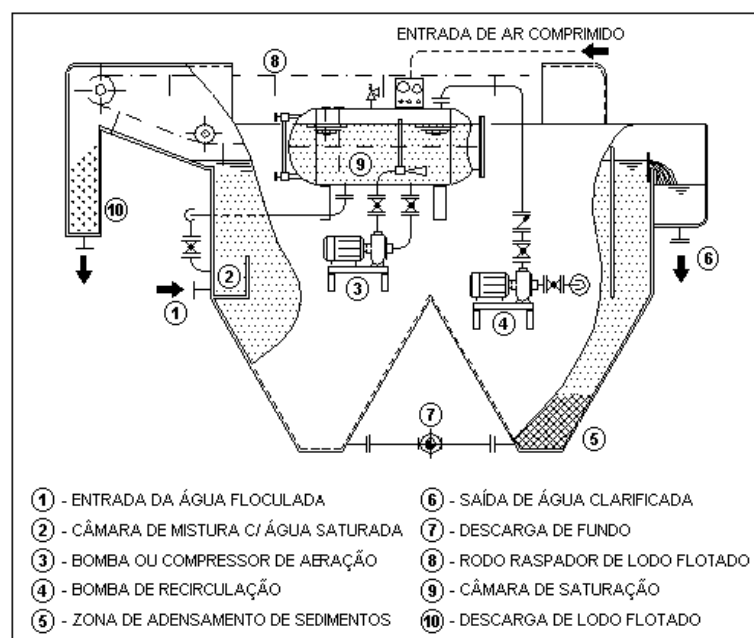


Figura 7 - Esquema geral de uma unidade de flotação por ar dissolvido.

Fonte: LACERDA, MARQUES e BRANDÃO (1998).

A água floculada entra no flotador (1), passa por uma câmara de mistura (2) com água saturada fornecida pela câmara de saturação (9). As bolhas de ar são liberadas e se unem aos flocos que flutam e são removidos pelo rodo raspador de lodo (8) e pelo dispositivo de descarga de lodo (10). Parte da água clarificada segue para fora do flotador (6), enquanto que o restante é recirculado e bombeado (4) para a câmara de saturação. Nesse local, a água de recirculação é saturada por meio de um compressor de aeração (3) e encaminhada novamente à câmara de mistura. Eventualmente, alguns flocos podem sedimentar. Por essa razão o flotador contém uma zona de adensamento de sedimentos (5) e descarga de fundo (7).

A flotação por ar dissolvido com pressurização parcial do efluente clarificado é a tecnologia mais recomendada porque minimiza a ruptura dos flocos formados na etapa de coagulação/floculação (LACERDA; MARQUES; BRANDÃO, 1998).

AZBAR e YONAR (2004) fizeram uma avaliação comparativa em escala de laboratório e em escala industrial de alternativas para tratamento de efluente proveniente de refinaria de óleo de vegetal, entre elas, tratamento físico-químico por coagulação, floculação e sedimentação/flotação por ar dissolvido (FAD). Segundo esses autores, as características do efluente podem variar consideravelmente os valores de DQO, óleos e graxas (O&G), sulfatos, nitrogênio e fosfatos de refinaria para refinaria. Saatci et al. (2001) citados por AZBAR e YONAR (2004) determinaram uma relação entre O&G e DQO. Valores de DQO correlacionam-se com O&G em uma larga escala (coeficiente de correlação, $R^2 = 0,92$), indicando que uma diminuição de O&G pode reduzir significativamente valores de DQO.

Em escala de laboratório, as investigações foram conduzidas em duas fases. A fase 1 consistiu em um pré-tratamento químico do efluente com sulfato de alumínio e cloreto férrico com dosagens variando de 100 mg/L até 750 mg/L como mostrado na Figura 8 (a) e (b) (AZBAR; YONAR, 2004).

Na primeira parte da fase 1 o pH do efluente foi reduzido até 3,8 com auxílio de ácido sulfúrico. As mesmas quantidades de sulfato de alumínio e cloreto férrico foram adicionadas ao efluente, promovendo a quebra ácida e em seguida foi agitado por 2 minutos para a mistura rápida (100 rpm) e por 30 minutos para a mistura lenta (20 rpm) antes da sedimentação. Na segunda

parte da fase 1, a FAD foi utilizada nas mesmas condições da parte 1 (AZBAR; YONAR, 2004).

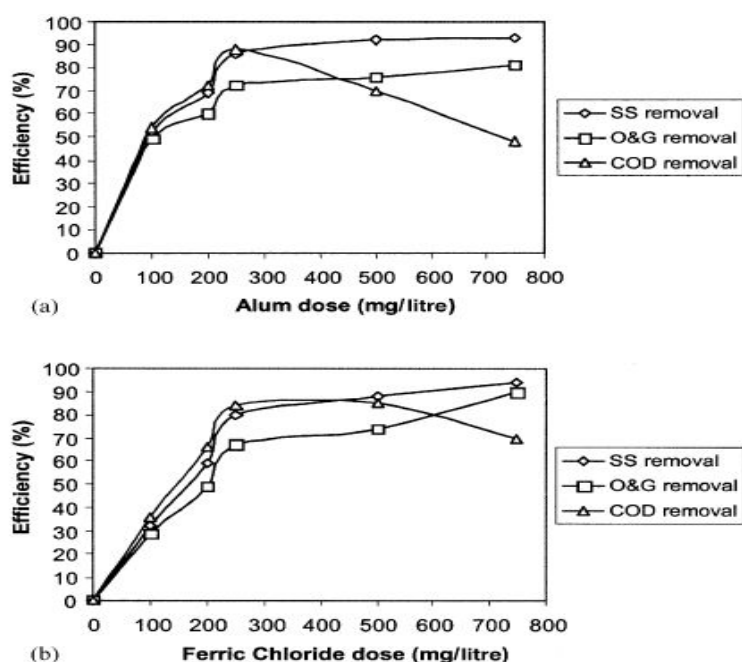


Figura 8 - (a) Eficiência no tratamento de efluente pela combinação da quebra ácida + flotação + coagulação com sulfato de alumínio. (b) Eficiência no tratamento de efluente pela combinação da quebra ácida + flotação + coagulação com cloreto férrico.

Fonte: AZBAR e YONAR (2004).

Foi caracterizado por amostra composta de 24 horas, indicando que ela tinha alta carga orgânica e alta carga de nitrogênio (Tabela 6). A quantidade de fósforo foi menor que 65 mg P/L. 50% da DQO total apresentou-se em forma de DQO solúvel e O&G é uma das maiores fontes de DQO no efluente. A unidade de consumo de água foi observada em torno de 1,5 – 2,0 m³/ton de óleo processado (AZBAR; YONAR, 2004).

Tabela 6 - Caracterização do efluente utilizado por AZBAR e YONAR (2004)

PARÂMETROS (mg/L)	EFLUENTE BRUTO (mg/L)
DQO total	15000
DQO filtrada	7000
DBO ₅	4700
SST	3963
O&G	3963
NKT	738
P total	63
pH	6,76

Fonte: AZBAR e YONAR (2004).

O experimento de coagulação realizado por AZBAR e YONAR (2004), com o uso de sulfato de alumínio e cloreto férrico (Figura 9 (a) e (b)), indicou uma dosagem química ótima de 250 mg/L. A porcentagem de remoção pela coagulação com sulfato de alumínio à concentração de 250 mg/L, depois da flotação, esteve em 88% de DQO, 72% para O&G e 86% para SST

Na mesma concentração para o cloreto férrico, as porcentagens de remoção obtidas foram: 84% de DQO, 80% para O&G e 80% para SST. Na segunda parte da fase 1, as amostras de efluente foram submetidas às mesmas dosagens da primeira parte e então a FAD foi aplicada obtendo uma remoção de DQO de 84%, O&G de 83% e de SST de 81% com a aplicação do sulfato de alumínio. Já com a aplicação do cloreto férrico, foram obtidas as seguintes porcentagens de remoção: DQO de 81%, O&G de 73% e SST de 78% (AZBAR; YONAR, 2004).

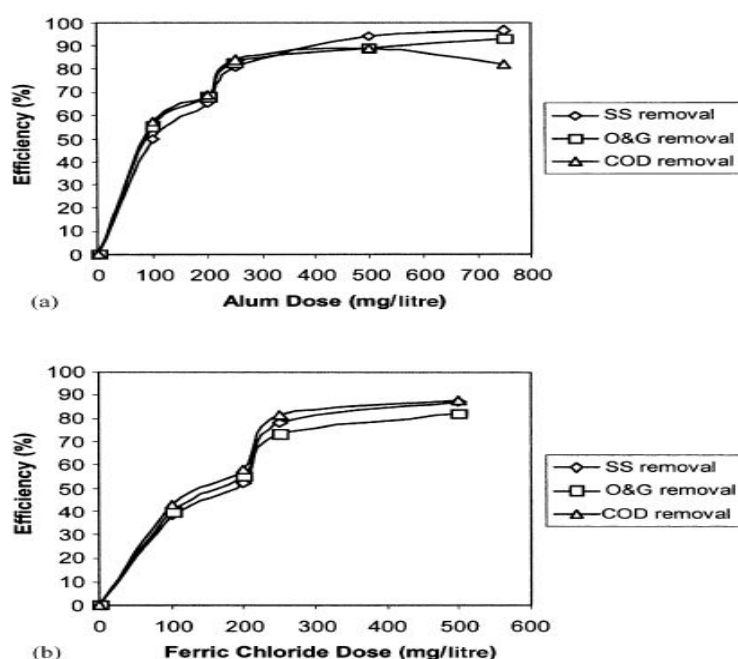


Figura 9 - (a) Eficiência do tratamento de efluente com a combinação de FAD + coagulação com sulfato de alumínio. (b) Eficiência do tratamento de efluente com a combinação de FAD + coagulação com cloreto férrico.

Fonte: AZBAR e YONAR (2004).

AZBAR e YONAR (2004) notaram que não houve quase nenhuma diferença entre os dois coagulantes em termos de remoção de DQO, exceto o uso de sulfato de alumínio que se mostrou melhor na remoção de O&G. O esquema de pré-tratamento não teve efeito sobre a eficiência de remoção. A eficiência de remoção para cada esquema e para cada parâmetro, exceto para O&G, foi a mesma. Por outro lado o processo de FAD com adição de produtos químicos provou ser uma melhor e mais barata remoção de O&G (Figura 9 (a) e (b)).

De acordo com DORSA (2004), a dosagem certa de sulfato de alumínio varia em função da concentração de sólidos voláteis (óleos e graxas inclusos) do efluente. Porém, para efluentes de refino o valor ideal situa-se na faixa de 500 – 1200 mg/L como $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$, ou seja, bem diferente da concentração ótima citada por AZBAR e YONAR (2004).

AL-SHAMRANI, JAMES e XIAO (2002) utilizaram uma unidade de flotação de bancada para estudar o efeito do sulfato de alumínio e do sulfato férrico como agentes desestabilizadores de emulsões de óleo-água estabilizadas por um surfactante não iônico (Span 20). Os efeitos da dosagem de coagulante, pH, gradientes de velocidade e tempo da mistura rápida e floculação foram considerados.

Nesse estudo, foi investigada a influência das dosagens independentes de sulfato de alumínio ($\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3 \cdot 16\text{H}_2\text{O}$) e sulfato férrico ($\text{Fe}_2(\text{SO}_4)_3 \cdot 9\text{H}_2\text{O}$) em diferentes valores de pH. Foram estudadas para condições de mistura rápida floculação e flotação fixas. A rotação utilizada para a mistura rápida foi de 200 rpm por 1 minuto. Para a floculação, a rotação utilizada para a mistura lenta foi de 20 rpm por 15 minutos. O período de flotação foi igual a 7 minutos utilizando uma pressão de saturação de 551,2 kPa e razão de reciclo de 10%. Alguns dos resultados são apresentados na Figura 10. Para o valor de pH igual a 5,0, houve um mínimo de óleo residual de 210 ppm numa dosagem de 40 mg/L de sulfato férrico. No pH de 6 houve uma diminuição significativa do residual de óleo. A pior remoção foi no pH de 9, enquanto que a máxima remoção (99,94%) ocorreu para um pH de 7 e dosagem de coagulante de 120 mg/L. Esses resultados indicam a importância do pH e da concentração de coagulante na remoção de óleo. Ambos os coagulantes provaram ser eficientes

na desestabilização das emulsões, mas o sulfato férrico apresentou resultados levemente superiores (AL-SHAMRANI; JAMES; XIAO, 2002).

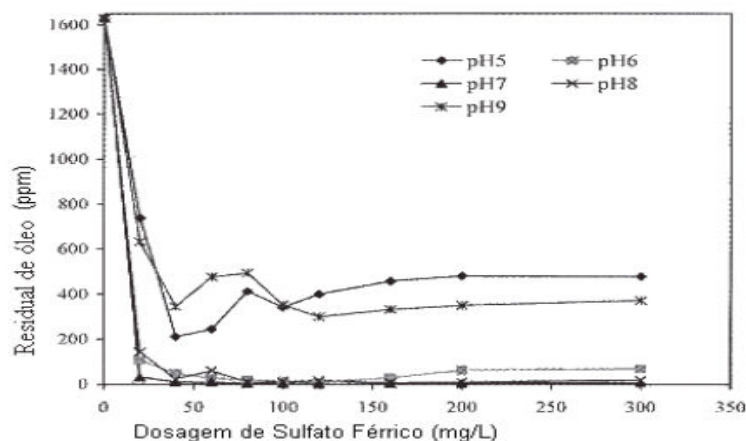


Figura 10 - Efeito da dosagem de sulfato férrico na concentração de óleo residual em diferentes valores de pH.

Fonte: AL-SHAMRANI, JAMES e XIAO (2002).

Os estudos de AL-SHAMRANI, JAMES e XIAO, (2002) demonstraram que as medições de potencial zeta indicaram que as gotículas de óleo apresentam carga negativa e a sua magnitude foi suficiente para estabilizar a emulsão. O potencial zeta demonstrou ser influenciado pelo valor do pH, implicando a adsorção do íon hidroxila na superfície das gotículas de óleo.

Pode-se verificar nas Figuras 11 e 12 que ambos os coagulantes reduziram o potencial zeta (em módulo) das gotículas de óleo. A reversão de carga, isto é, quando o potencial zeta, inicialmente com valores negativos, passa a ter valores positivos, pode ser constatada com o sulfato de alumínio (Figura 11), o que não ocorreu com o uso do sulfato férrico (Figura 12), cujos resultados foram melhores. A desestabilização das partículas, portanto, nem sempre é função da reversão de cargas (AL-SHAMRANI; JAMES; XIAO, 2002).

Comparando-se os resultados de remoção de óleo com variação da dosagem de coagulante e depois os valores de pH, os autores acima concluíram que a estabilidade da emulsão é mais sensível ao valor do pH do que à dosagem de coagulante. Explicam que esse fator pode estar ligado às condições ótimas para a hidrólise dos íons de ferro e alumínio. As melhores condições de pH para a desestabilização de emulsões de óleo e água foram encontradas próximas ao valor neutro (AL-SHAMRANI; JAMES; XIAO, 2002)

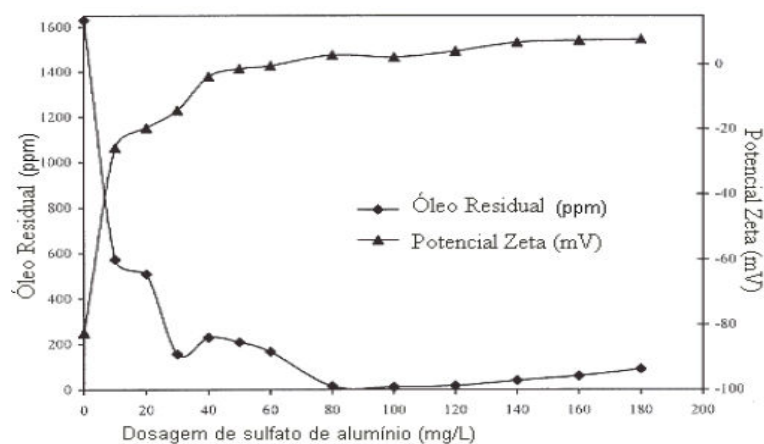


Figura 11 - Concentração de óleo residual e o potencial zeta em função da dosagem de sulfato de alumínio em um valor de pH=8.

Fonte: AL-SHAMRANI, JAMES e XIAO (2002).

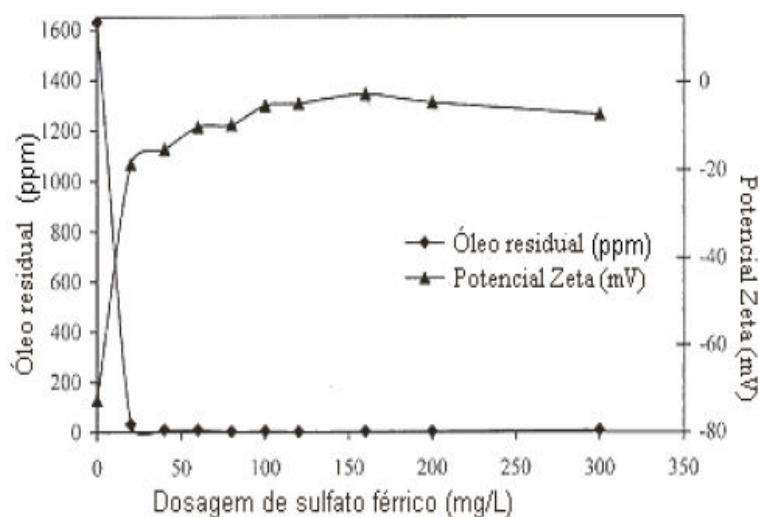


Figura 12 - Concentração de óleo residual e o potencial zeta em função da dosagem de sulfato de alumínio em um valor de pH=7.

Fonte: AL-SHAMRANI, JAMES e XIAO (2002).

AL-SHAMRANI, JAMES e XIAO (2002) verificaram que as melhores condições de mistura rápida ocorreram para gradientes de velocidade de 100 s^{-1} com duração de 120 s. Para a floculação, as melhores condições foram obtidas para valores de gradiente de velocidade mais baixos, com duração de 15 a 20 minutos.

2.7.2 Aderência das Partículas nas Microbolhas de Ar

Explicando o fenômeno de aderência das bolhas de gás na superfície das partículas, Adamson (1967) citado por TEIXEIRA (2003) demonstrou que quanto maior o ângulo de contato entre partícula e bolha, maior a hidrofobicidade das partículas e, portanto, mais fácil se torna a adesão das bolhas às partículas. É, tradicionalmente, conhecido que o sucesso da aderência das bolhas de gás na superfície das partículas depende, além do grau de hidrofobicidade dos flocos, das condições hidrodinâmicas do sistema. A maioria dos trabalhos publicados indica que as colisões proporcionadas pela turbulência são os principais mecanismos de contato e de estabilidade entre ligações das bolhas e partículas.

De acordo com LEPPINEN (2000), as cargas elétricas das partículas e das bolhas são fatores muito importantes na FAD. O pré-tratamento químico é um requisito essencial para a alta eficiência da FAD. Geralmente, são necessários gradientes de velocidades altos durante a dosagem química (mistura rápida) e baixos para promover a agregação das partículas durante a floculação.

Portanto, o processo de flotação depende da habilidade das bolhas em coletar as partículas da suspensão e carregá-las para superfície, onde, em forma de uma camada de espuma ou lodo, possam ser removidos pelas bordas. Em processamento mineral, as partículas a serem flotadas são hidrofóbicas e o mecanismo de coleta é aquele no qual as partículas hidrofóbicas grudam-se nas bolhas pela formação de um ângulo de contato limitado entre gás-líquido-sólido. Em tratamento de efluentes pode ser aplicado um mecanismo similar. No entanto, muitos são os exemplos conhecidos nos quais as partículas a serem removidas e que foram coaguladas e floculadas são hidrofílicas. Nesses casos as bolhas são apanhadas fisicamente dentro dos flocos. Isso vai ocorrer se as bolhas forem menores que os flocos e em processo de FAD (JAMESON, 1999).

Segundo JAMESON (1999), o pequeno tamanho das bolhas produzidas em FAD e a habilidade de capturar várias partículas têm tornado esse processo muito usado para a remoção de partículas de efluentes.

2.7.3 Relação A/S

Hahn (1982) citado por CENTURIONE FILHO (2002) afirma que, com a formação de um complexo estável (bolha e partícula), a força resultante provocará seu movimento ascensional. A velocidade constante desse movimento é estabelecida quando as forças de empuxo e de arrasto se igualam. É de se esperar que quanto maior a quantidade de bolhas aderidas maior será a velocidade ascensional, a qual pode ser expressa pela relação ar/sólidos (A/S).

Segundo METCALF e EDDY (2003), a eficiência de um sistema de flotação por ar dissolvido depende da razão entre a massa de ar em relação à massa de partículas em suspensão (relação A/S) necessária para atingir determinado grau de clarificação. Essa razão varia em função do tipo de suspensão e deve ser determinada experimentalmente em laboratório.

METCALF e EDDY (2003) chegaram à seguinte equação, relacionando A/S, a solubilidade do ar, a pressão de operação na câmara de saturação e a concentração de partículas em suspensão:

$$\frac{A}{S} = \frac{1,3sa(f \times P - 1)R}{SsQ} \quad (01)$$

Em que:

A/S – razão ar/sólidos (ml/mg);

sa – solubilidade do ar na temperatura do efluente (ml/L);

f – fração de ar dissolvido à pressão P;

P – pressão absoluta (atm);

Ss – sólidos suspensos (mg/L);

R – vazão de recirculação da água saturada (m³/dia);

Q – vazão do líquido afluente (m³ /dia);

Quanto maior a vazão de recirculação, maior a taxa A/S e maior a câmara de saturação, assim como a potência da bomba a ser instalada, encarecendo o sistema.

2.7.4 Taxa de Escoamento Superficial

A taxa de escoamento superficial (TES) é a relação Q/A , isto é, a vazão sobre a área horizontal do flotador e é usualmente dada em $\text{m}^3/\text{m}^2/\text{dia}$. Semelhante aos conceitos desenvolvidos para os decantadores, segundo os quais a taxa de escoamento superficial é numericamente igual à velocidade crítica de sedimentação, no caso da flotação, a velocidade crítica ascensional (V_{ca}) é também numericamente igual à TES, isto é, todas as partículas com velocidade maior ou igual à V_{ca} serão removidas na flotação. Portanto, para uma determinada vazão, quanto maior a velocidade ascensional das partículas, maior será a TES e menor será a área requerida para a câmara de flotação (DI BERNARDO, 1993).

Segundo METCALF e EDDY (2003), as taxas de escoamento superficial típicas usadas em projetos de decantadores secundários, normalmente, situam-se em $16 \text{ m}^3/\text{m}^2.\text{dia}$ e $32 \text{ m}^3/\text{m}^2.\text{dia}$ para vazões médias, chegando a valores máximos de $48 \text{ m}^3/\text{m}^2.\text{dia}$ para as vazões de pico.

A Tabela 7 apresenta alguns valores de parâmetros, normalmente adotados para o projeto de unidades de FAD, segundo diversos autores citados por MAGALHÃES (2005).

Tabela 7 - Parâmetros de projeto para um sistema de FAD para emulsão óleo/água

PARÂMETRO	FAIXA DE VARIAÇÃO
Pressão na câmara de saturação (kPa)	200 a 480
Razão de Recirculação (%)	0 a 300
A/S (kg de ar/kg SST)	0,005 a 0,100
Taxa de escoamento superficial ($\text{m}^3/\text{m}^2.\text{dia}$)	11,52 a 234,24
Carga de sólidos ($\text{kg}/\text{m}^2.\text{h}$)	2,0 a 24,4
Tempo de detenção no flotador (min)	30
Eficiência na remoção de sólidos (%)	70 a 98,6

Fonte: MAGALHÃES (2005).

2.8 INFLUÊNCIA DAS CONDIÇÕES HIDRODINÂMICAS

As condições hidrodinâmicas, principalmente o tipo de mistura e de misturadores, têm grande influência na desestabilização de emulsões com sais metálicos hidrolisantes e/ou polímeros floculantes.

Segundo Bratby (1980) citado por ROSA (2003), após a adição do agente desestabilizante é necessária uma mistura rápida para sua difusão na suspensão sólido/líquido ou emulsão óleo/água. A mistura rápida é, possivelmente, a etapa mais importante do processo de desestabilização, pois neste estágio originam-se os coágulos ou flocos primários que terão significativa influência sobre a cinética dos processos posteriores. Após o aparecimento dos flocos primários na etapa de mistura rápida, um estágio de mistura lenta permite a formação de flocos maiores. A energia para o processo de agregação é proporcionada pela indução de gradientes de velocidade dentro do sistema (agregação ortocinética). Os principais parâmetros que governam a agregação ortocinética são o gradiente de velocidade aplicado e o tempo de agitação. Esses dois parâmetros influenciam na frequência de colisão e quebra entre os coágulos ou flocos, dando a forma, estrutura e dimensão final dos flocos.

Em relação ao tipo de misturador, a situação ideal considera o uso de misturadores do tipo fluxo/pistão, em que todas as partículas apresentam o mesmo tempo de residência. Assim, em misturadores do tipo mistura completa, as partículas apresentam uma distribuição de tempos de residência. Algumas partículas apresentam “curto circuito” e outras apresentam tempos de permanência muito elevados. Esta distribuição de tempos de residência não é desejável no emprego de sais hidrolisáveis ou polímeros. No caso dos sais hidrolisáveis, um tempo de residência curto não permite a adsorção completa das espécies hidrolisadas na superfície das partículas. O mesmo ocorre na adsorção de polímeros. Por outro lado, a mistura intensa por um período muito prolongado poderá romper as pontes de polímeros entre as partículas e até mesmo o polímero, conforme Bratby (1980) citado por ROSA (2003).

2.9 REUSO PARA FINS INDUSTRIAIS

O reuso de águas em indústrias inclui uma grande variedade de aplicações: em resfriamento, alimentação de caldeiras, água de processo, etc. A água pode ser obtida pelo tratamento dos efluentes gerados na própria indústria, dos efluentes de ETEs do sistema público ou de efluentes de outras origens. No primeiro caso, o reuso pode se dar no próprio processo industrial, e, nesse caso, trata-se de uma reciclagem interna dos efluentes, ou em outras aplicações na indústria, como descarga sanitária, lavagem de pisos, veículos e equipamentos, na proteção contra incêndios, etc. A reciclagem interna, em razão da grande variedade de processos existentes e dos requisitos específicos de qualidade para a água tem que ser tratada caso a caso (BLUM, 2003).

Segundo BLUM (2003), sistemas de resfriamento sem recirculação consomem grandes volumes reativos de água e, dependendo da magnitude desse volume, o reuso de água pode ser inviável economicamente em razão dos custos de recuperação da água. Nos sistemas de resfriamento com recirculação a água utilizada retira calor do processo industrial e, em seguida, libera esse calor por evaporação ou em lagoas ou torres de resfriamento e retorna ao processo. Nesse circuito, uma parte da água é perdida como vapor para atmosfera e outra deve ser descartada (*blowdown*) para evitar um aumento excessivo de sais, que pode danificar equipamentos, o que obriga a introdução contínua de água de reposição (*make-up*) no processo. O número de ciclos na recirculação de água pode ser avaliado pelo quociente entre as concentrações de um determinado íon (por exemplo: cloretos) no descarte e na água de reposição. No caso do uso de lagoas, o resfriamento se dá por evaporação superficial, o que faz da área do espelho d'água o parâmetro básico de projeto.

Os problemas associados à qualidade da água, os quais se observam geralmente em sistemas de refrigeração, são incrustações, corrosões, crescimento biológico, entupimentos e formação de espumas, que se devem ao mau tratamento da água.

A Tabela 8 fornece alguns padrões de qualidade para águas de reposição em sistemas de resfriamento.

Com relação a reuso em caldeiras, o alto nível de qualidade exigido para a água de alimentação, implica a necessidade de um tratamento minucioso, o que o torna o processo muito caro, limitando a possibilidade do reuso.

Tabela 8 - Padrões de qualidade recomendados para águas de reposição em sistemas de resfriamento com recirculação

PARÂMETRO	UNIDADE	PADRÃO
Cloretos	mg/L Cl ⁻	500
SDT	mg/L	500
Dureza	mg/L CaCO ₃	650
Alcalinidade	mg/L CaCO ₃	350
pH	un.	6,0 – 9,0
DQO	mg/L O ₂	75
SST	mg/L	100
Turbidez	UNT (*)	50
DBO	mg/L O ₂	25
MBAS	mg/L	1,0
Nitrogênio Amoniacal	mg/L N	1,0
Fosfatos	mg/L PO ₄	4
Sílica	mg/L SiO ₂	50
Alumínio	mg/l Al	0,1
Ferro	mg/L Fe	0,5
Manganês	mg/L Mn	0,5
Cálcio	mg/L Ca	50
Magnésio	mg/L Mg	0,5
Bicarbonatos	mg/L CaCO ₃	24
Sulfatos	mg/L SO ₄	200

Notas: SDT = Sólidos dissolficos totais; DBO = Demanda bioquímica de oxigênio;
 SST = Sólidos em suspensão totais; DQO = Demanda química de oxigênio;
 MBAS = substâncias ativas ao azul de metileno (indicador do teor de detergentes);
 UNT = Unidade nefelométrica de turbidez.

OBS.: Todos os padrões são limites máximos, exceto o de pH.

Fontes: GOLDSTEIN et al. (1979), citados por MANCUSO e SANTOS (2003).

3 MATERIAL E MÉTODOS

Serão apresentados neste capítulo a metodologia, os equipamentos e os materiais utilizados para a realização dos ensaios da pesquisa, a qual foi desenvolvida nas instalações dos Laboratórios de Hidrossedimentologia e de Saneamento Ambiental da Universidade Estadual do Oeste do Paraná - Unioeste.

A metodologia do estudo é baseada nos procedimentos recomendados por diversos pesquisadores, objetivando a determinação das condições mais adequadas para o tratamento de água proveniente do refino do óleo de soja, pelo processo de coagulação, floculação e flotação por ar dissolvido.

3.1 EQUIPAMENTOS

Os equipamentos utilizados durante a execução dos ensaios foram os seguintes:

- *Jar Test* marca PoliControl II, 6 tubos de ensaio (Figura 13);
- Câmara de Saturação construída em acrílico e acessórios, com capacidade de saturar 2 litros de água (Figura 14);
- Três jarros de 2 litros construídos para os testes de flotação por ar dissolvido (Figura 15)
- Compressor de ar;
- Turbidímetro 2100 P marca Hach;
- pHmetro Tec – 3 MP marca Tecnal;
- Espectrofotômetro DR/2010 marca Hach;
- Balança Semi-Analítica marca Marte;
- Cronômetro.

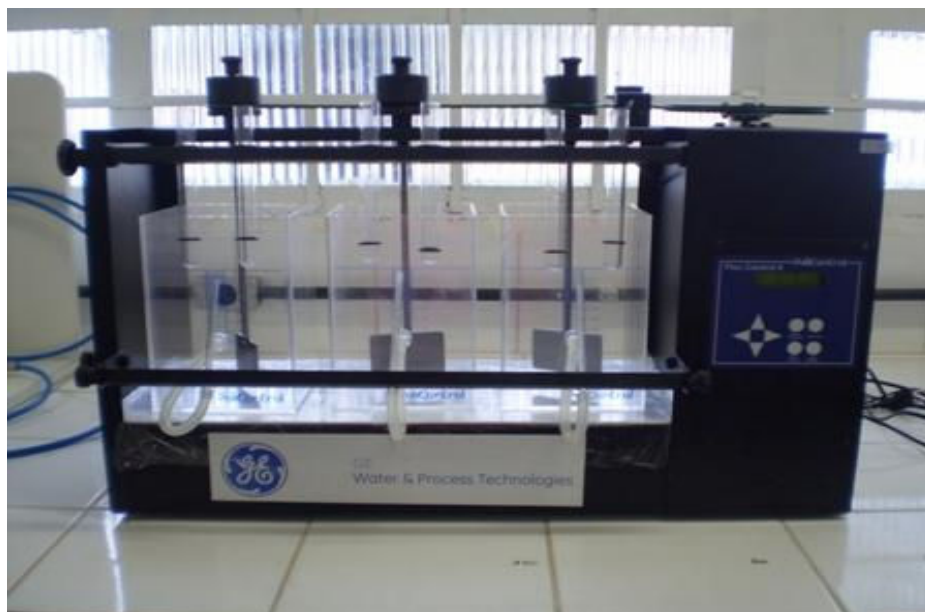


Figura 13 - Aparelho para *jar test*.

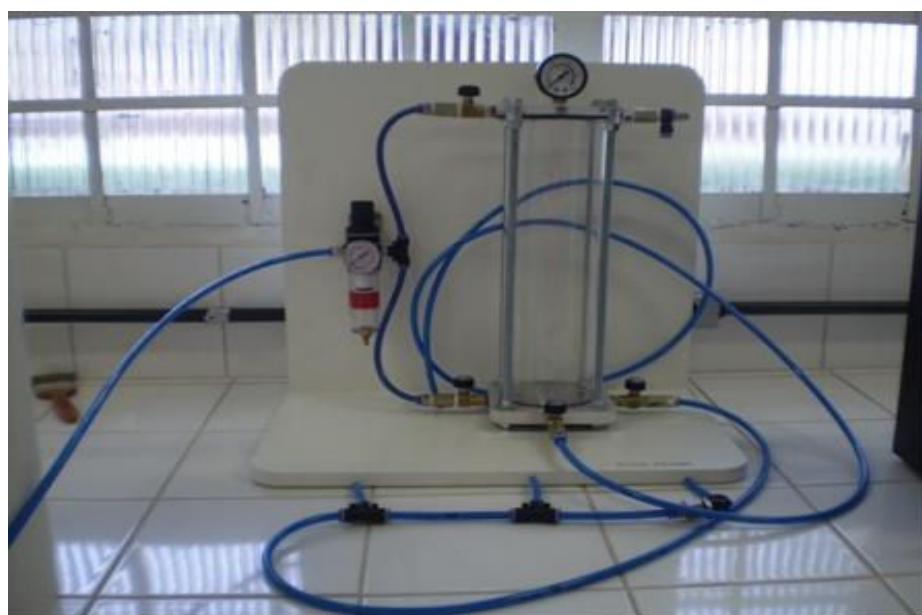


Figura 14 - Câmara de saturação.



Figura 15 - Jarro para teste de flotação.

3.2 PRODUTOS QUÍMICOS

Neste capítulo serão apresentados os produtos químicos utilizados nos ensaios de coagulação e flotação, isto é, os coagulantes, polímeros, além de soluções de ácido clorídrico (HCl) e hidróxido de sódio (NaOH) para o ajuste do pH.

Os coagulantes utilizados foram preparados à concentração de 100 ppm, ou seja, cada ml de solução continha 100 ppm de coagulante. São os seguintes:

- Klaraid IC 1176 (cloreto de polialumínio) fornecido pela GE *Infrastructure*, que é um poli sal inorgânico, sendo um coagulante catiônico de baixo peso molecular. As propriedades e informações

nas fichas de segurança e apresentação do produto são apresentadas no Anexo A.

- Klaraid PC 2700 (cloridrato de álcool amino) fornecido pela GE *Infrastructure*, que é um aldeído orgânico, sendo um coagulante catiônico com características de auto floculante. As propriedades e informações nas fichas de segurança e apresentação do produto são apresentadas no Anexo A.
- BetzDearborn PE 019 (poliamina em meio ácido) fornecido pela GE *Infrastructure*, que é uma mistura de orgânico com inorgânico. As propriedades e informações nas fichas de segurança e apresentação do produto são apresentadas no Anexo A.

Os polieletrólitos utilizados foram preparados a concentração de 1 ppm, ou seja, cada ml de solução continha 1 ppm de floculante e são os seguintes:

- BetzDearborn F 11 que é uma poliacrilamida aniônica de alto peso molecular, fornecida pela GE *Infrastructure*. As propriedades e informações nas fichas de segurança e apresentação do produto são apresentadas no Anexo A.
- Polyfloc CE 1161 é uma poliacrilamida catiônica de alto peso molecular, fornecido pela GE *Infrastructure*. As propriedades e informações nas fichas de segurança e apresentação do produto são apresentadas no Anexo A.
- Polieletrólito não iônico fornecido pela Kurita. Sem informações.

Para correção do pH foram utilizados os seguintes produtos:

- Acidificante: solução de HCl na concentração de 25% e 50%;
- Alcalinizante: solução de NaOH na concentração de 0,1 N.

3.3 COLETA DAS AMOSTRAS

Foram realizadas algumas determinações laboratoriais com o efluente, que foi coletado a partir dos tanques de equalização da indústria de óleo de soja da Diplomata S/A. Os tanques possuem sistema de circulação, o que

proporcionou completa homogeneização do efluente. Após algumas horas de circulação, o efluente proveniente do processo de neutralização do óleo, condensado do poço barométrico e lavagem de pisos estava devidamente homogeneizado pronto para coleta.

A coleta foi realizada por meio de uma válvula situada na parte inferior dos tanques. O efluente bruto foi acondicionado em galão de 50 litros, sem passagem de luz.

3.4 DETERMINAÇÃO DA FAIXA DE PH

A faixa de atuação do coagulante depende do pH do efluente em questão. Para otimizar a faixa de pH, foram realizados testes com béqueres utilizando 200 mL de efluente, testando-se várias faixas de pH e as dosagens do coagulante para cada uma das três baterias.

A Figura 16 demonstra um dos ensaios.

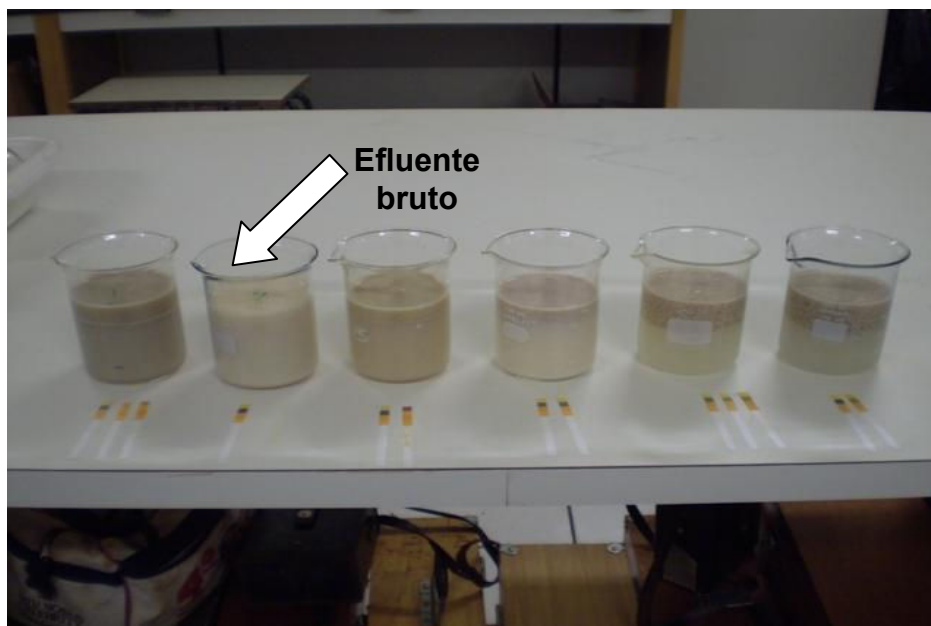


Figura 16 - Ensaios de pH com béqueres.

3.5 ENSAIO NO FLOTATESTES

Os ensaios de coagulação, floculação e flotação foram realizados numa unidade de flotação por ar dissolvido em escala de bancada com escoamento descontínuo. O equipamento Flotatestes é constituído de uma câmara de pressurização, 3 jarros para coagulação-floculação-flotação e utiliza o mesmo conjunto motor-agitador do *Jar test*.

A câmara de saturação e os jarros foram construídos baseados no descrito por CENTURIONE FILHO e DI BERNARDO (2003).

A câmara de saturação (Figura 14) foi construída em acrílico transparente, com diâmetro interno de 100 mm, espessura de parede de 5 mm e altura de 320 mm, resultando em volume útil de 2 L. O topo da câmara (Figura 17) é dotado de válvula reguladora de pressão com filtro, registro de esfera para entrada de ar sob pressão durante a recirculação, manômetro e registro de agulha para ajuste fino da pressão na câmara. A base (Figura 18) é dotada de três registros de esfera cada qual com a função de regular a entrada de ar, entrada de água e saída de água saturada com ar.

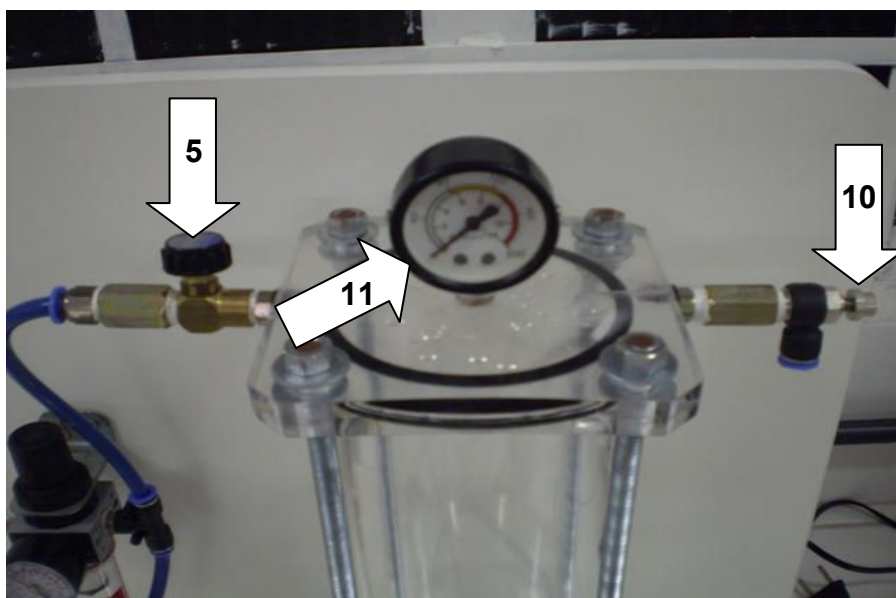


Figura 17 - Topo da câmara de saturação.

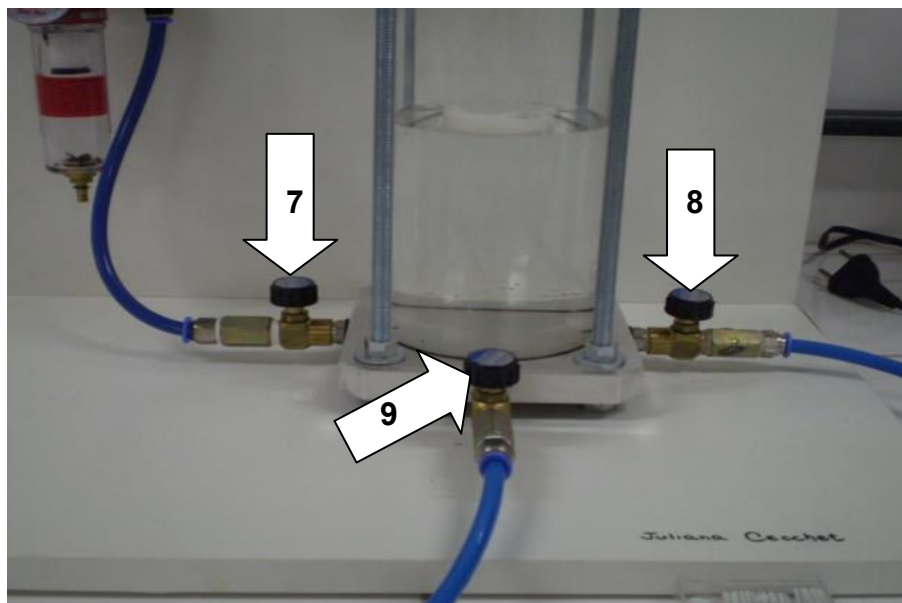


Figura 18 - Fundo da câmara de saturação.

Para a manutenção da pressão na câmara de saturação, foi prevista uma válvula reguladora de pressão (Figura 19). O ar proveniente do compressor é conduzido à entrada do dispositivo (Figura 19 – seta 1), e a pressão pode ser, assim, controlada pelo registro (Figura 19 – seta 2). Na saída deste há um tê (Figura 19 – seta 4) no qual se divide o fluxo de ar, tanto para a saturação quanto para a manutenção da pressão desejada na câmara de saturação durante a recirculação do ensaio de flotação.

As etapas de coagulação, floculação e flotação são realizadas no jarro de flotação (Figura 15). Ele é constituído de acrílico transparente com dimensões de 114 x 114 mm². Sua base foi construída de forma que permitisse a introdução e distribuição uniforme de água saturada com ar. Do fundo até a placa perfurada, existe um espaço de 2 cm onde foi colocado o registro para a introdução da água saturada com ar. Pela placa perfurada, foram distribuídos 121 orifícios de 2 mm de diâmetro cada.

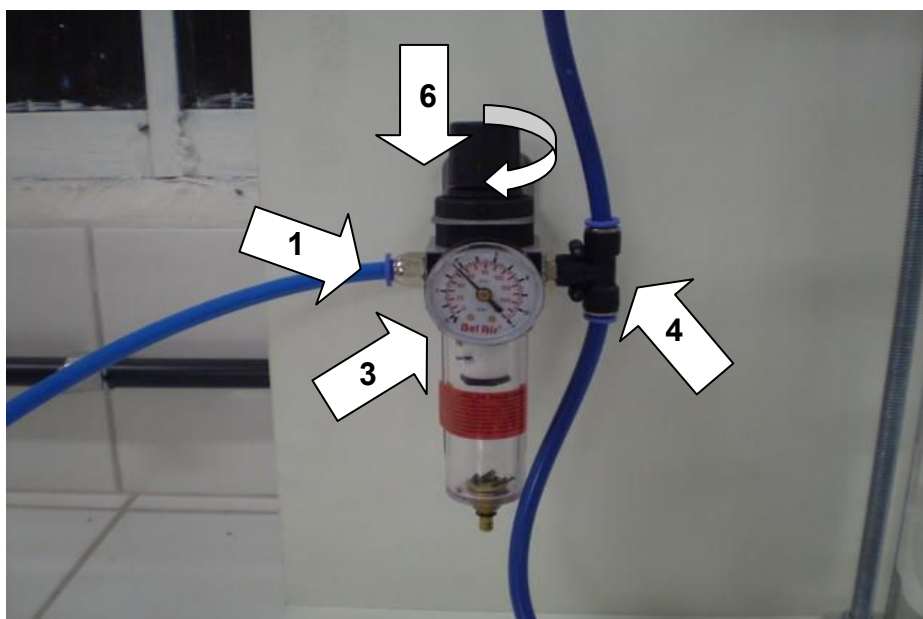


Figura 19 - Válvula reguladora de pressão.

3.5.1 Operação do Equipamento em um Ensaio Típico de Flotação

O primeiro passo para a realização de um ensaio de coagulação, floculação e flotação é a saturação da água de recirculação com ar, dissolvendo-o em pressão superior à atmosférica.

A metodologia adotada, semelhante à utilizada por CENTURIONE FILHO (2002), seguindo as setas das figuras 17 a 19, será descrita a seguir:

Passo 1: encher a câmara com água mantendo-se os registros (9) e (10) abertos e os registros (5), (7) e (8) fechados. Quando atingir o nível de água na câmara suficiente para a execução do ensaio programado, fechar os registros (9) e (10);

Passo 2: ligar o compressor de ar e regular a pressão pouco acima da desejada na câmara de saturação utilizando o registro (2) e o manômetro (3). Para isso, é necessário girar o registro (2) no sentido horário, e para mantê-lo inalterado basta deslocá-lo pra baixo (6);

Passo 3: abrir gradativa e totalmente o registro (7). Para atingir a pressão desejada no interior da câmara, utilizar o registro (10) para um ajuste

mais preciso e o manômetro (11); saturar a água pelo tempo desejado (aproximadamente 10 min);

Passo 4: fechar simultaneamente os registros (7) e (10) ao final do tempo de saturação;

Passo 5: depois de bem homogeneizado, adicionar o efluente aos jarros de forma que os dois litros de cada jarro sejam completados por 4 ou 5 vezes. Este procedimento tem como finalidade obter-se maior homogeneidade no conteúdo nos jarros.

Passo 6: é extremamente importante eliminar as bolhas e pequenas bolsas de ar que possam existir na base do jarro de flotação, pois a sua permanência irá afetar a distribuição da água saturada com ar durante a recirculação.

Passo 7: acertar o pH do efluente nos jarros, conforme desejado, com auxílio do pHmetro devidamente calibrado.

Passo 8: conectar os tubos de condução e distribuição de água saturada com ar;

Passo 9: programar o aparelho para o tempo de mistura rápida de 1 minuto a um gradiente de 150 s^{-1} e tempo de floculação de 10 min a um gradiente de 40 s^{-1} e 5 minutos a um gradiente de 20 s^{-1} .

Passo 10: dosar o coagulante e o floculante nos recipientes apropriados localizados na parte frontal do equipamento;

Passo 11: acionar o equipamento e imediatamente, adicionar o coagulante e o floculante ao processo.

Passo 12: após o fim da agitação o equipamento desliga automaticamente. Abrem-se os registros (5) e (8). O registro (5) tem como função manter a pressão inalterada no interior da câmara durante a recirculação da água saturada;

Abrir os registros dos jarros de flotação imediatamente (primeiro o do meio e em seguida as laterais) para a aplicação da água de recirculação com a taxa (R) prevista; terminada a recirculação, fechar as válvulas e acionar o cronômetro; a quantidade de água de recirculação a ser introduzida em um jarro é calculada em função do volume do jarro;

Passo 13: descartar a água por 2 s e iniciar a coleta das amostras utilizando béqueres para o tempo correspondente às velocidades ascensionais

desejadas. No ensaio de flotação, o ponto de coleta está situado a 5,25 cm do fundo do jarro. Assim o tempo de coleta (t , min) correspondente às taxas de flotação.

Exemplo: para uma taxa de $16 \text{ m}^3/\text{m}^2/\text{d} = 0,01852 \text{ cm/s}$ e a distância do ponto de coleta que é de 5,25, tem-se:

$$t = \frac{5,25}{0,01852} = 283 \text{ s} = 4 \text{ min e } 43 \text{ s} \quad (02)$$

Como o tempo de coleta de amostra de água flotada deve ser de 20 s, segundo CENTURIONE FILHO (2002), inicia-se a coleta com 4 min e 33 s e termina-se a coleta em 4 min e 53 s.

Passo 14: efetuar a leitura dos parâmetros (turbidez e cor aparente) e se necessário, preservar as amostras.

3.6 TESTES PRELIMINARES COM OS COAGULANTES E CONSTRUÇÃO DOS DIAGRAMAS DE COAGULAÇÃO

Nesta fase, investigou-se o emprego dos coagulantes Klaraid IC 1176, Klaraid PC 2700 e BetzDearborn PE 019 na remoção de turbidez e cor das amostras com o objetivo de verificar qual deles apresentava o maior potencial para a aplicação, no caso do tratamento do efluente da refinaria de óleo de soja da Diplomata S/A por FAD.

O pH inicial (pH_{in}) do efluente foi corrigido de maneira a encontrar um pH ótimo de coagulação utilizando-se uma solução de HCl a 25 ou 50% (pH_{coag}). A adição da solução foi feita antes da mistura rápida com gradiente de velocidade ajustado para o valor de 150 s^{-1} . O pH também foi medido após o ensaio de flotatestes e foi denominado como pH final (pH_{f}). O objetivo de determinar o pH_{coag} e o pH_{f} é de estudar a influência do coagulante no pH após o término do ensaio.

As dosagens de coagulante também foram variadas a fim de encontrar a dosagem ótima para a ocorrência da completa coagulação do efluente. Neste caso foram utilizadas concentrações recomendadas pela GE *Infrastructure*.

Fixaram-se determinados parâmetros durante os ensaios na fase de testes com coagulantes no Flotateste, os quais estão descritos na Tabela 9:

Tabela 9 - Parâmetros fixos dos ensaios de flotatestes do capítulo 3.6

Tempo de mistura rápida	$T_{mr} = 1 \text{ min}$
Gradiente de velocidade média de mistura rápida	$G_{mr} = 150 \text{ s}^{-1}$
Tempo de floculação	$T_{f1} = 10 \text{ min}$ e $T_{f2} = 5 \text{ min}$
Gradiente de velocidade médio de floculação	$G_{f1} = 40 \text{ s}^{-1}$ e $G_{f2} = 20 \text{ s}^{-1}$
Pressão na câmara de saturação	450 kPa
Taxa de recirculação	$R = 30\%$

As velocidades ascensionais foram calculadas de acordo com as taxas de escoamento superficial escolhidas, resultando em: 2,22 cm/min, 1,67 cm/min e 1,11 cm/min.

Portanto, nesta fase de ensaios, os parâmetros variados foram as concentrações de coagulantes, os pH_{coag} e as velocidades ascensionais.

Antes do início de cada bateria de ensaios, o efluente utilizado foi caracterizado pela turbidez, pH e temperatura.

Após os ensaios com os coagulantes, foram plotados os diagramas de coagulação, com os valores remanescentes de turbidez para cada par de valores de concentração de coagulante e pH_{coag} , determinando-se as regiões ótimas de trabalho para cada bateria de ensaio.

Com os melhores resultados obtidos em termos de menor turbidez, menor dosagem de coagulante e pH ótimo de coagulação ($\text{pH}_{\text{coag}} \text{ ótimo}$), tornou-se possível escolher a melhor concentração e faixa de pH para a realização dos testes com os floculantes.

3.7 INFLUÊNCIA DA AÇÃO CONJUNTA DOS COAGULANTES COM OS POLIELETRÓLITOS NA ETAPA DE FLOCULAÇÃO NA REMOÇÃO DA TURBIDEZ E COR APARENTE

Os ensaios apresentados capítulo visaram investigar a influência dos polieletrólitos BetzDearborn F 11, Polyfloc CE 1161 e polieletrólito não iônico como auxiliares na floculação.

Foram utilizadas várias concentrações de polieletrólito, combinados com os resultados mais eficientes de concentração de coagulante X pH_{coag} escolhidos no capítulo 3.6, com a intenção de determinar a concentração e qual dos polieletrólitos se mostra mais eficiente para remoção de turbidez e cor associado a tais condições de pH e coagulante.

Os parâmetros fixos apresentados nesta fase dos ensaios são apresentados na Tabela 10.

Tabela 10 - Parâmetros fixos dos ensaios de flotatestes do capítulo 3.7

Tempo de mistura rápida	$T_{mr} = 1 \text{ min}$
Gradiente de velocidade média de mistura rápida	$G_{mr} = 150 \text{ s}^{-1}$
Tempo de floculação	$T_{f1} = 10 \text{ min}$ e $T_{f2} = 5 \text{ min}$
Gradiente de velocidade médio de floculação	$G_{f1} = 40 \text{ s}^{-1}$ e $G_{f2} = 20 \text{ s}^{-1}$
Pressão na câmara de saturação	450 kPa
Taxa de recirculação	$R = 30\%$
Concentração ótima de coagulante	$C_c = C_{c \text{ ótima}} \text{ ppm}$
pH ótimo de coagulação	$\text{pH}_{\text{coag}} = \text{pH}_{\text{coag ótimo}}$
Velocidade ascensional	$V_a = V_{a \text{ ótima}} \text{ cm/s}$

3.8 INFLUÊNCIA DA VARIAÇÃO DA TAXA DE RECIRCULAÇÃO (R)

Após a escolha dos melhores resultados com os floculantes, variaram-se as taxas de recirculação em 10, 20 e 30%, a fim de demonstrar qual o melhor volume de água saturada com ar a ser inserido nos jarros, para melhor clarificação da água.

Os parâmetros fixos apresentados nesta fase dos ensaios são apresentados na Tabela 11.

Tabela 11 - Parâmetros fixos dos ensaios de flotatestes do capítulo 3.8

Tempo de mistura rápida	$T_{mr} = 1 \text{ min}$
Gradiente de velocidade média de mistura rápida	$G_{mr} = 150 \text{ s}^{-1}$
Tempo de floculação	$T_{f1} = 10 \text{ min}$ e $T_{f2} = 5 \text{ min}$
Gradiente de velocidade médio de floculação	$G_{f1} = 40 \text{ s}^{-1}$ e $G_{f2} = 20 \text{ s}^{-1}$
Pressão na câmara de saturação	450 kPa
Velocidade ascensional	$V_a = V_{a\text{ótima}}$
Concentração ótima de coagulante	$C_c = C_{c\text{ótima}}$ ppm
pH ótimo de coagulação	$pH_{\text{coag}} = pH_{\text{coag ótimo}}$
Concentração ótima de floculante	$C_f = C_{f\text{ótima}}$ ppm

3.9 CARACTERIZAÇÃO DAS AMOSTRAS

Foi retirada de cada galão de acondicionamento do efluente bruto, uma parcela de amostra, devidamente homogeneizada, a fim de efetuar a sua caracterização para cada bateria de ensaios.

Os parâmetros analisados para a caracterização do efluente bruto foram as concentrações de óleos e graxas (O&G), sólidos suspensos totais (SST), sólidos suspensos voláteis (SSV), demanda química de oxigênio (DQO) alcalinidade total (AT), turbidez, temperatura e pH.

As metodologias de análise foram seguidas pelo *Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater* (CLESCERI; GREENBERG; EATON, 1998).

Da mesma forma, foram realizadas as mesmas análises para as amostras coletadas a partir dos ensaios obtidos com a junção de todos os parâmetros otimizados.

4 RESULTADOS E DISCUSSÕES

4.1 CARACTERIZAÇÃO DO EFLUENTE BRUTO PARA AS TRÊS BATERIAS DE ENSAIOS

O efluente bruto coletado foi caracterizado para cada bateria de ensaios, pois foram coletados em dias diferentes, gerando características diferentes.

Verifica-se na Tabela 12 que a carga orgânica do efluente das baterias 2 e 3 é, aproximadamente, 8 vezes maior que o efluente da bateria 1. Isso indica um processo instável ou que, provavelmente, no dia da coleta do efluente das baterias 2 e 3, houve a drenagem de um tanque de borra ou CIP (*clean in place*). O efluente da bateria 1 mostra-se com carga orgânica mais baixa, ou seja, mais coerente com as características de um efluente de refino de óleo de soja citadas por alguns autores.

A concentração de óleo nas baterias 2 e 3 foi considerável. Nessas duas baterias de ensaios, os parâmetros apesar de não serem idênticos, são muito parecidos, o que possibilita uma comparação entre ambos.

Tabela 12 - Características do efluente bruto nas baterias de ensaios 1, 2 e 3

PARÂMETROS	EFLUENTE BRUTO BATERIA 1	EFLUENTE BRUTO BATERIA 2	EFLUENTE BRUTO BATERIA 3
Temperatura (°C)	14,5 – 19,0	13,0 – 17,5	13,2 – 16,2
pH	≈ 8,67	≈ 8,5	≈ 8,5
Turbidez (NTU)	≈ 4450	≈ 34500	≈ 37667
AT (mg/L)	580	2090	2120
SST (mg/L)	2962	2777	2200
SSV (mg/L)	2758	2640	1970
O&G (mg/L)	800	3660	3900
DQO (mg/L)	11854	65528	60300

4.2 CONSTRUÇÃO DOS DIAGRAMAS DE COAGULAÇÃO

Nas planilhas do Apêndice A, ensaios de 1 a 5, Apêndice B, ensaios de 1 a 6 e Apêndice C, ensaios de 1 a 9, são apresentados os resultados dos testes efetuados com o emprego dos coagulantes: Klaraid IC 1176, BetzDearborn PE 019 e Klaraid PC 2700, respectivamente.

Na Figura 20, é apresentado o diagrama de coagulação resultante da primeira bateria de ensaios (Apêndice A, ensaios de 1 a 5), para uma faixa de concentração de coagulante entre 500 a 600 ppm e uma faixa de pH_{coag} entre 4,4 e 5,2.

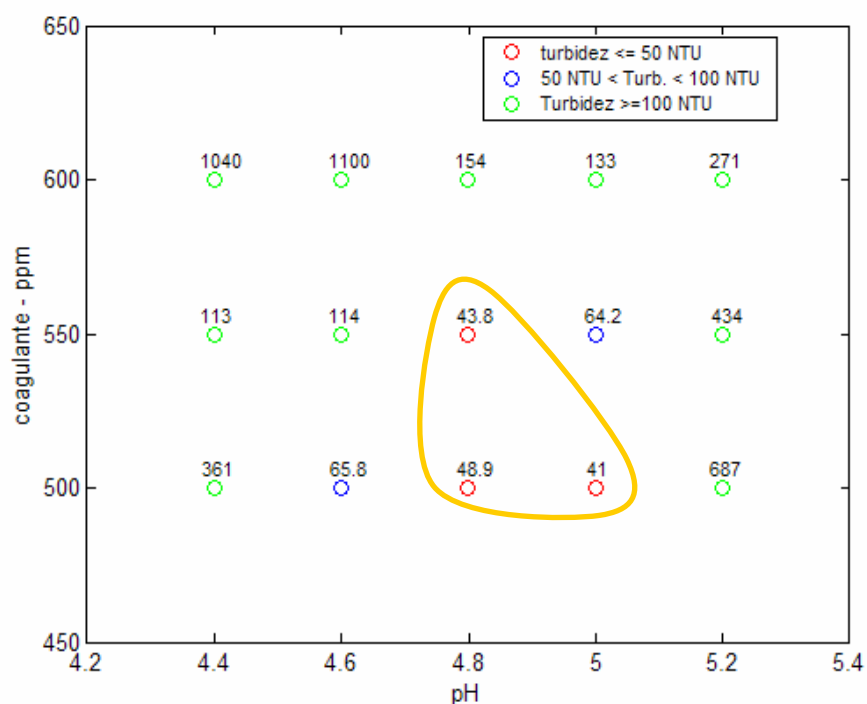


Figura 20 - Diagrama de coagulação para efluente de refino de óleo de soja. Turbidez remanescente em função da dosagem do coagulante IC 1176 e pH corrigido, $V_a = 1,67$ cm/min. Água bruta: turbidez = 4450 NTU.

A região demarcada em amarelo demonstra a melhor região de coagulação que está compreendida para uma dosagem de IC 1176 = 500 a 550 ppm e valores de pH entre 4,8 e 5,0, sendo escolhida uma $V_a = 1,67$ cm/min por apresentar resultados muito próximos à

$V_a = 1,11$ cm/min. Quanto maior a V_a menor é o flotador. Após os primeiros ensaios, já havia condições de se escolher a melhor velocidade ascensionar para a coleta do efluente clarificado.

Nessa região, verifica-se que os valores obtidos para turbidez ficaram abaixo de 50 NTU, demonstrando assim uma eficiência de remoção de turbidez em relação à turbidez do efluente bruto em torno de 99%.

Para essa série de dados, também foi observado o comportamento do pH_f com a adição do coagulante. Os PACs (cloreto de polialumínio), durante a hidrólise, liberam, em igualdade de dosagem de íons metálicos, uma quantidade de ácido consideravelmente menor do que os coagulantes tradicionais, como o sulfato de alumínio e o cloreto férrico. Isso provoca uma menor variação do pH do meio tratado. A Figura 21 demonstra a pequena variação do pH de coagulação (pH_{coag}) em relação ao pH final (pH_f).

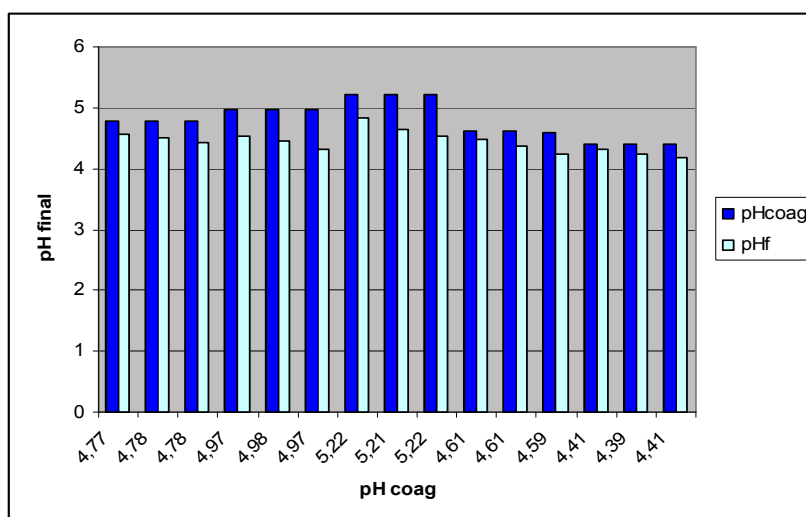


Figura 21 - Influência do coagulante IC 1176 no pH_f .

Na Figura 22, é apresentado o diagrama de coagulação resultante da segunda bateria de ensaios (Apêndice B, ensaios de 1 a 5), para uma faixa de concentração de coagulante entre 400 a 600 ppm e uma faixa de pH_{coag} entre 4,0 e 5,0.

A região demarcada em amarelo demonstra a melhor região de coagulação que está compreendida para uma dosagem de PE 019 = 500 a 600 ppm e valores de pH entre 4,0 e 4,5, sendo escolhida uma

$V_a = 1,67$ cm/min por apresentar resultados muito próximos à $V_a = 1,11$ cm/min. Nesta região, verifica-se que os valores obtidos para turbidez ficaram abaixo de 500 NTU, demonstrando assim uma eficiência de remoção de turbidez em relação à turbidez do efluente bruto em torno de 98,8%.

Como se pode verificar nas tabelas do Apêndice B, o ensaio em que o pH corrigido foi de 8,0 apresentou resultados errôneos, demonstrando no final uma turbidez maior que a do efluente bruto. Portanto, decidiu-se manter este ponto de fora dos resultados.

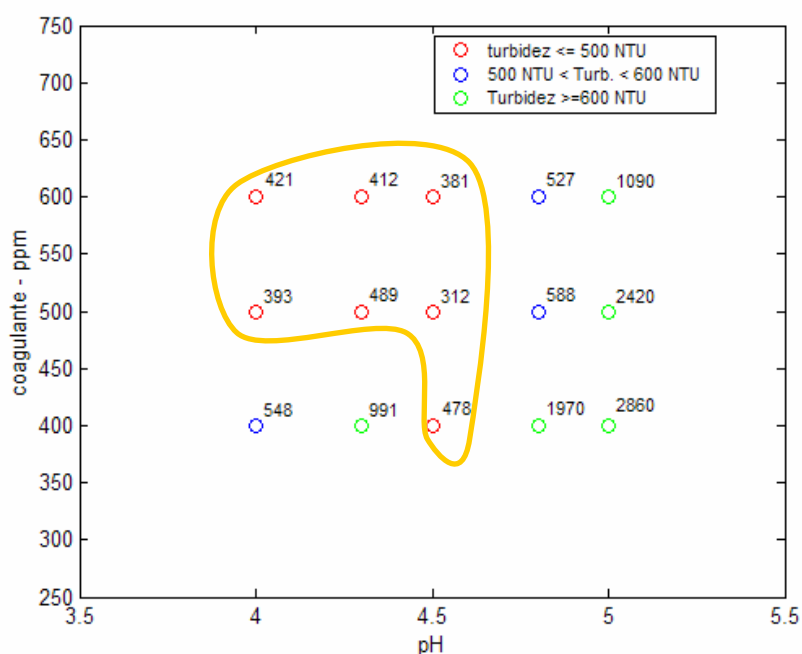


Figura 22 - Diagrama de coagulação para efluente de refino de óleo de soja. Turbidez remanescente em função da dosagem do coagulante PE 019 e pH corrigido, $V_a = 1,67$ cm/min. Água bruta: turbidez = 33700 NTU.

A Figura 23 demonstra a pequena variação do pH de coagulação (pH_{coag}) em relação ao pH final (pH_f), porém, em alguns pontos o pH_f chegou a ser maior que o pH_{coag} .

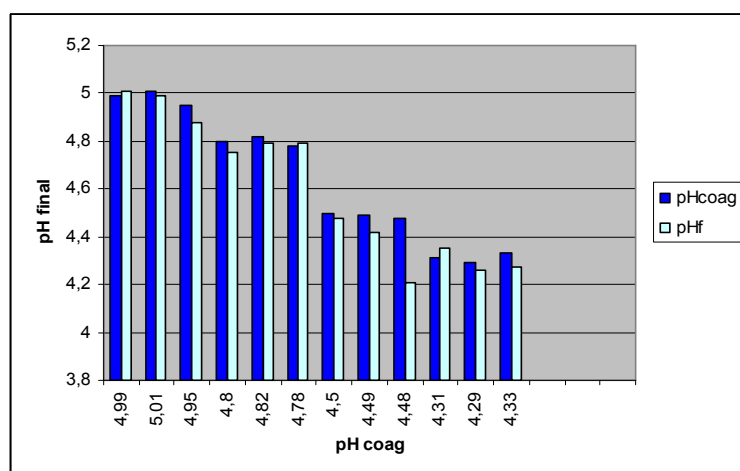


Figura 23 - Influência do coagulante PE 019 no pH_f.

Na Figura 24, é apresentado o diagrama de coagulação resultante da terceira bateria de ensaios (Apêndice C, ensaios de 1 a 9), para uma faixa de concentração de coagulante entre 400 a 600 ppm e uma faixa de pH_{coag} entre 4,0 e 5,0.

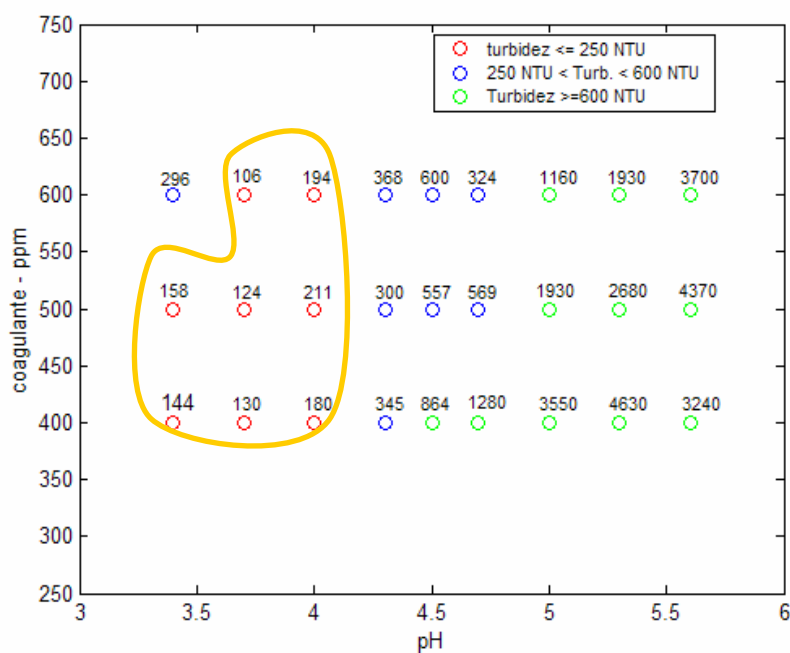


Figura 24 - Diagrama de coagulação para efluente de refino de óleo de soja. Turbidez remanescente em função da dosagem de do coagulante PC 2700 e pH corrigido, Va = 1,67 cm/min. Água bruta: turbidez = 36800 NTU.

A região demarcada em amarelo na Figura 24 demonstra a melhor região de coagulação que está compreendida para uma dosagem de PC 2700 = 400 a 600 ppm e valores de pH entre 3,4 e 4,0, sendo escolhida uma $V_a = 1,67$ cm/min por apresentar resultados muito próximos à $V = 1,11$ cm/min. Nessa região, verifica-se que os valores obtidos para turbidez ficaram abaixo de 250 NTU, demonstrando assim uma eficiência de remoção de turbidez em relação à turbidez do efluente bruto em torno de 99,6%.

A Figura 25 demonstra a pequena variação do pH de coagulação (pH_{coag}) em relação ao pH final (pH_f), porém neste caso, agindo ao contrário das outras, sendo o pH_f ligeiramente maior que o pH_{coag} . Isso pode ter ocorrido em virtude deste coagulante ser um de base orgânica, ou seja, um aldeído orgânico.

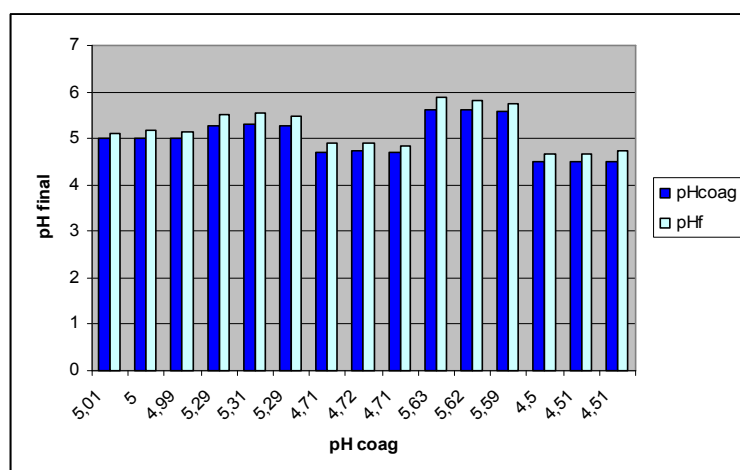


Figura 25 - Influência do coagulante PC 2700 no pH_f .

Todos os coagulantes utilizados são catiônicos e apresentaram boa eficiência na remoção da turbidez e da cor aparente. Isso confirma o que foi relatado por LELINSKI (1993) e Santander (1998) citado por ROSA (2003), que as gotículas de óleo presentes numa emulsão óleo/água, normalmente apresentam carga superficial negativa e por DI BERNARDO e COSTA (1993), que a coagulação ocorre quando a adição de um eletrólito catiônico baixa o potencial zeta.

4.3 INFLUÊNCIA NA REMOÇÃO DE TURBIDEZ E COR APARENTE COM O USO DE DIFERENTES CONCENTRAÇÕES DE POLIELETRÓLITOS COMBINADOS AO PH ÓTIMO DE COAGULAÇÃO E CONCENTRAÇÃO ÓTIMA DE COAGULANTE.

Nas planilhas do Apêndice A, ensaios de 6 a 11, Apêndice B, ensaios de 7 a 12 e Apêndice C, ensaios de 10 a 15, são apresentados os resultados dos testes efetuados com o emprego dos flocculantes: BetzDearborn F 11, Polieletrólito não iônico e Polyfloc CE 1161, respectivamente.

Nos ensaios 6 a 11 do Apêndice A, com o coagulante IC1176, podendo-se verificar nas Figuras 26 e 27 o comportamento da turbidez e cor aparente, respectivamente, em relação às dosagens dos flocculantes.

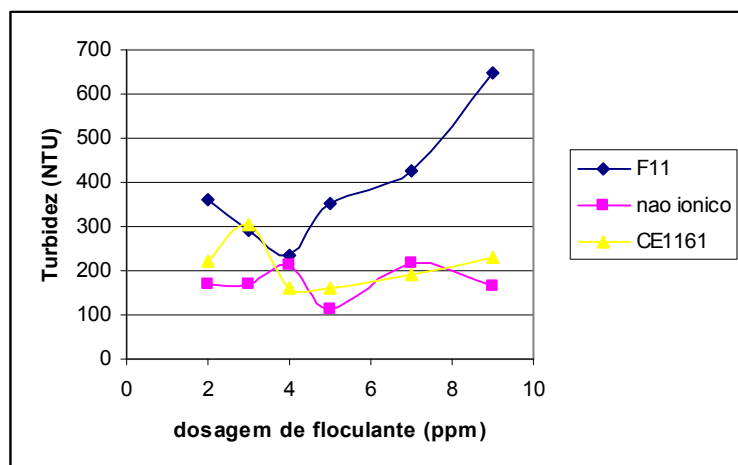


Figura 26 - Comparação entre dosagem e turbidez da 1ª bateria.

Nota-se para o flocculante F11, que para dosagens acima e abaixo de 4 ppm, houve aumento significativo de turbidez na água, sendo esta sua concentração ótima. O ponto ótimo para remoção de turbidez com o polieletrólito não iônico foi na dosagem de 5 ppm e para o CE1161 foi de 4 ppm, sendo então o não iônico o que forneceu melhor remoção na turbidez entre os três.

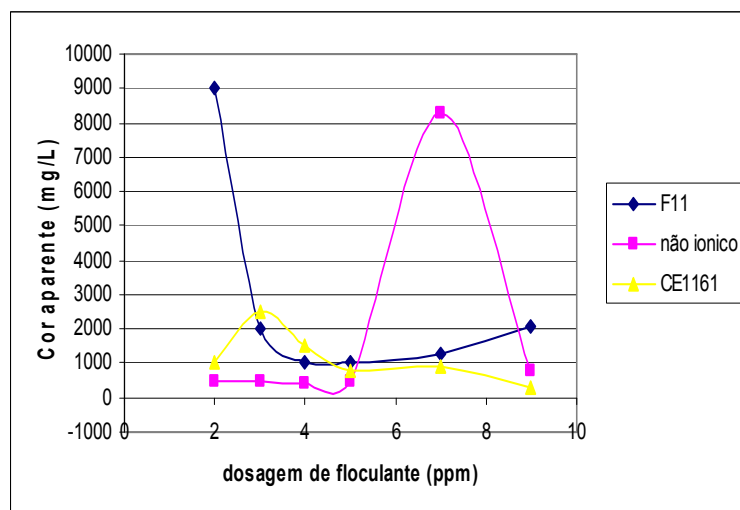


Figura 27 - Comparação entre dosagem e remoção da cor aparente da 1ª bateria.

Na remoção da cor aparente, o polieletrólito não iônico também se mostrou melhor, seguindo valores muito próximos, independentemente da dosagem, com exceção do ponto de dosagem de 7 ppm que demonstrou um aumento excessivo da cor, o que pode provavelmente estar errado em virtude dos outros pontos estarem entre 0 e 1000 mg/L PtCo.

Na Figura 28, pode-se verificar que a inserção de flocculante no processo conferiu um aumento considerável nos valores de turbidez nas amostras em relação à amostra tratada somente com o coagulante IC1176.

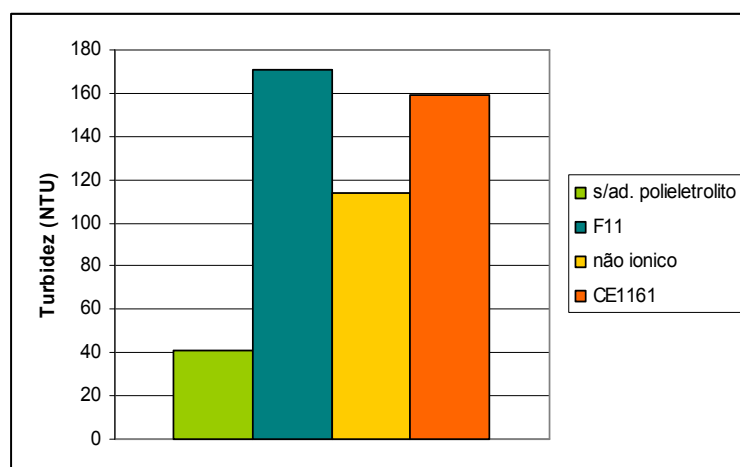


Figura 28 - Comparativo de eficiência de remoção de turbidez entre os melhores resultados obtidos com os diferentes polieletrólitos e efluente tratado sem adição de polieletrólito para a 1ª bateria.

Nos ensaios 7 a 12 do Apêndice B, com o coagulante PE 019, pode-se verificar, nas Figuras 29 e 30, o comportamento da turbidez e cor aparente, respectivamente, em relação às dosagens dos flocculantes.

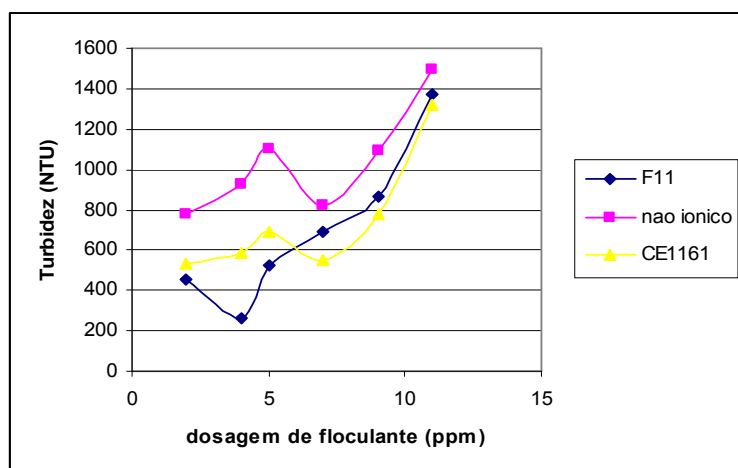


Figura 29 - Comparação entre dosagem e remoção de turbidez da 2ª bateria.

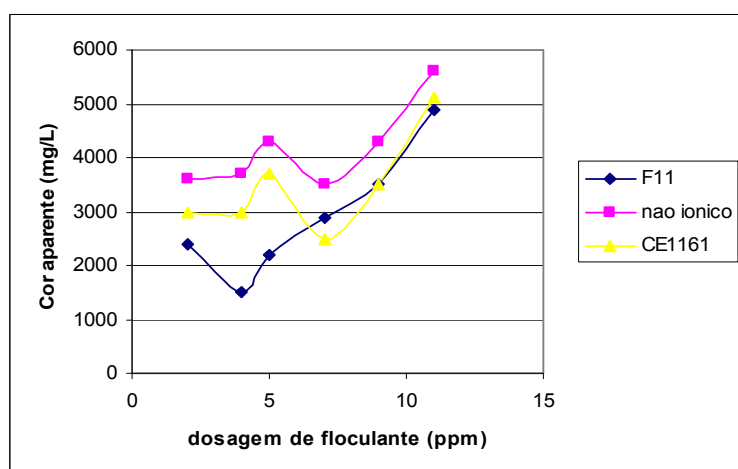


Figura 30 - Comparação entre dosagem e remoção da cor aparente da 2ª bateria.

Na 2ª bateria, o flocculante F11 apresentou melhores resultados em comparação com os outros dois, sendo seu dosagem ótima em 4 ppm novamente. Observa-se também que quanto maior a dosagem maior o grau de turbidez e cor aparente da água. Inclusive, neste caso há uma relação direta entre turbidez e cor aparente, pois os dois gráficos praticamente se sobrepõem.

Na Figura 31, pode-se verificar que a inserção dos flocculantes não iônicos e CE 1161 no processo fez aumentar consideravelmente os valores de turbidez nas amostras, em relação à amostra tratada. Já o flocculante F11, mostrou-se ligeiramente mais eficiente na remoção da turbidez em relação à amostra tratada apenas com o coagulante PE 019.

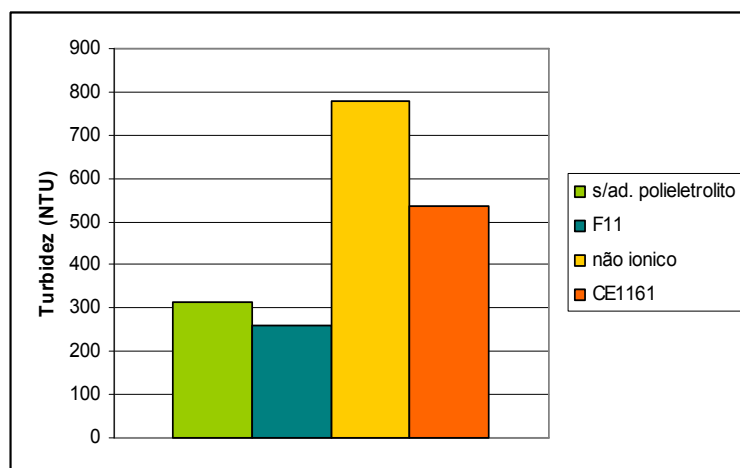


Figura 31 - Comparativo de eficiência de remoção de turbidez entre os melhores resultados obtidos com os diferentes polieletrólitos e efluente tratado sem adição de polieletrólito para a 2ª bateria.

Nos ensaios 10 a 15 do Apêndice C, com o coagulante PC 2700, pode-se verificar nas Figuras 32 e 33 o comportamento da turbidez e cor aparente, respectivamente, em relação às dosagens dos flocculantes.

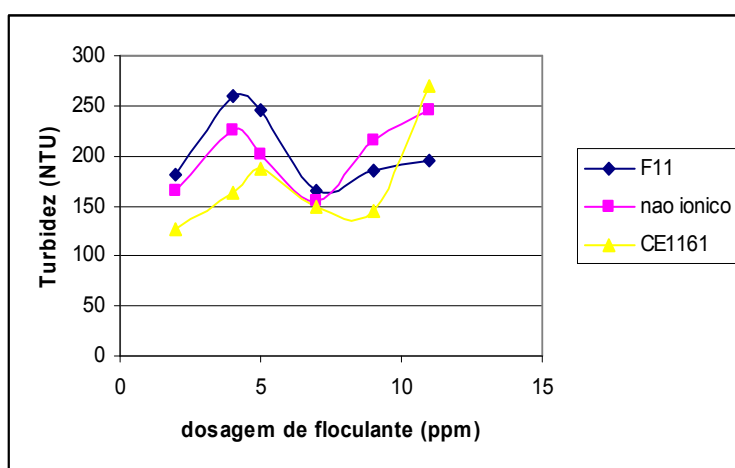


Figura 32 - Comparação entre dosagem e remoção de turbidez da 3ª bateria.

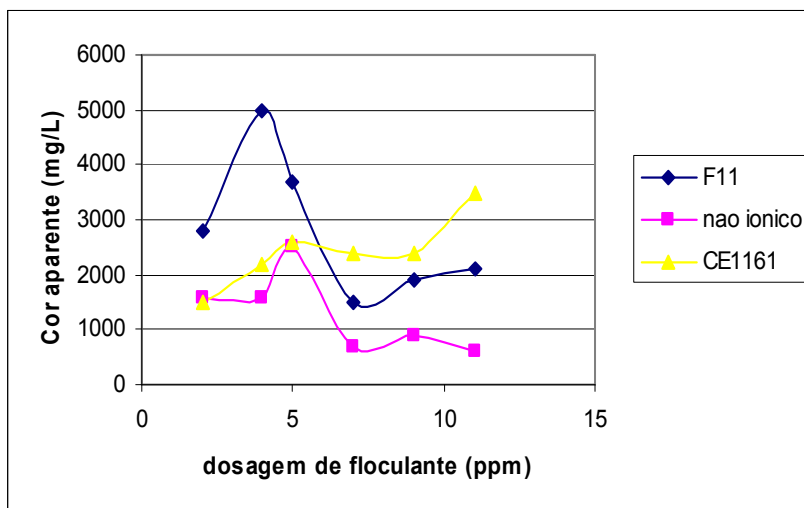


Figura 33 - Comparação entre dosagem e remoção da cor aparente da 3ª bateria.

Nesta bateria de ensaios, os três flocculantes apresentaram a mesma concentração ótima de floculação. Seus valores de turbidez também se aproximaram muito, variando entre 148 a 166 NTU.

A Figura 32 mostra picos de elevação de turbidez entre as concentrações ótimas, ficando bem evidente a faixa de concentração na qual os polieletrólitos atuam com mais eficiência.

A escolha do polieletrólito não iônico como sendo “ótimo”, apesar de não apresentar a menor turbidez, se deu em relação à remoção da cor.

Na Figura 33, percebe-se uma considerável remoção de cor pelo polieletrólito não iônico em relação aos outros polieletrólitos.

Na Figura 34, pode-se verificar que a inserção dos flocculantes no processo, fez aumentar os valores de turbidez nas amostras em comparação com a amostra tratada apenas com coagulante PC 2700.

Através dessas comparações, verificou-se que os polieletrólitos possuem uma pequena faixa de atuação, conferindo um aumento de turbidez e cor aparente na amostra tratada em relação à tratada apenas com o coagulante, salvo o caso da bateria de ensaios nº 2.

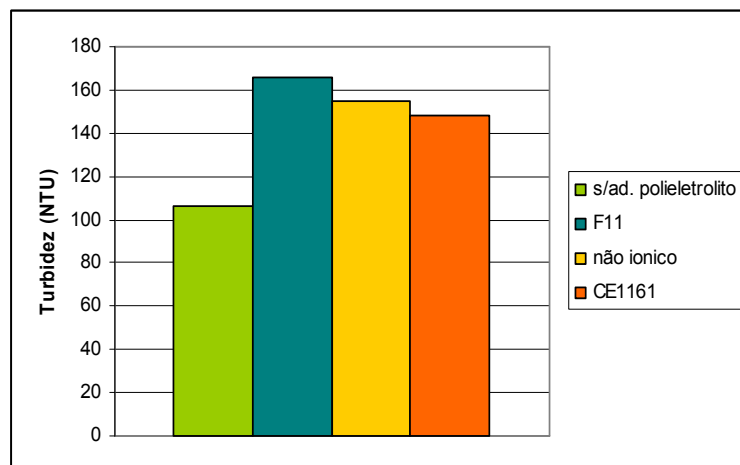


Figura 34 - Comparativo de eficiência de remoção de turbidez entre os melhores resultados obtidos com os diferentes polieletrólitos e efluente tratado sem adição de polieletrólito para a 3ª bateria.

Conferindo o que foi estudado por vários autores, entre eles: Burkhardt, (1983), Sánchez e León (1984), Capps (1993) e Santander (1998) citados por RODRIGUES (2003), observou-se que a baixa concentração de floculante (3 a 15 mg/L) já causa grande efeito e o uso de quantidades excessivas diminui a eficiência do processo de flotação.

O uso dos floculantes possui papel importante nos tratamentos em escala industrial, pois são eles que conferem maior tamanho e resistência aos flocos, pois, após a etapa de floculação, eles serão submetidos às condições físicas de flotação e raspagem do lodo. Na Figura 35, percebe-se a diferença dos flocos com adição de floculante e sem adição de floculante.

Nas baterias 1 a 3, os polieletrólitos não iônico e aniônico (F11) mostraram-se mais eficientes em relação ao catiônico (CE1161). RODRIGUES (2003) e ROSA e RUBIO (2005) citaram em seus trabalhos, como mais eficientes, os polímeros catiônicos e não iônicos.

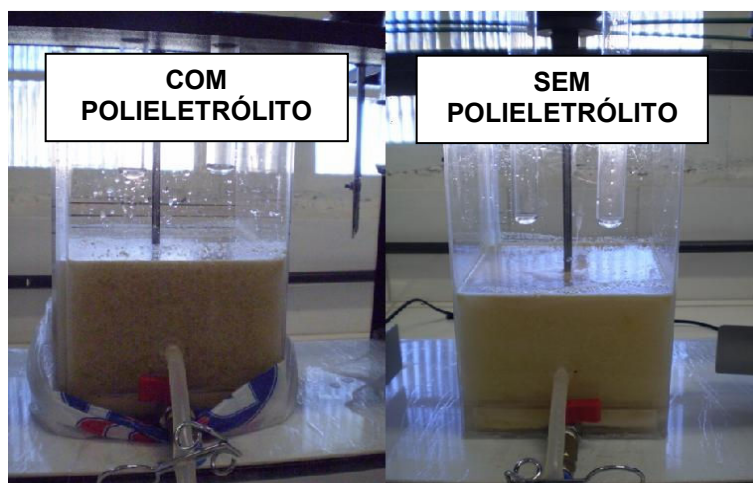


Figura 35 - Jarros em agitação com polieletrólito e sem polieletrólito.

4.4 INFLUÊNCIA NA REMOÇÃO DE TURBIDEZ E COR APARENTE COM O USO DE DIFERENTES RAZÕES DE RECIRCULAÇÃO (R)

Foram pré-estabelecidos três valores para a razão de recirculação (R), para verificar o comportamento da turbidez e cor aparente (Apêndice A - ensaio 12, Apêndice B - ensaio 14 e Apêndice C - ensaio 16).

Nas figuras 36 e 37, pode-se verificar, graficamente, que tanto a turbidez quanto a cor aparente na bateria 1 (Apêndice A) decresceram com o aumento de R. Para a bateria 2 (Apêndice B), houve uma situação contrária: quanto maior foi o R maiores foram os índices de cor e turbidez. Já para a bateria 3 (Apêndice C) houve um comportamento atípico, atingindo bons valores em R igual a 30% e 10%.

Verifica-se pelas figuras 38 e 39 que, como a turbidez de entrada para os efluentes das baterias 2 e 3 era muito alta, a porcentagem de remoção para os dois efluentes mostrou-se muito próxima e sem mudanças significativas com o aumento da razão de recirculação. Já para a bateria 1, mostrou uma baixa eficiência, porém ela cresce de acordo com o crescimento da razão de recirculação. A turbidez de entrada, neste caso, era, aproximadamente, 8 vezes menor que a turbidez de entrada das baterias 2 e 3.

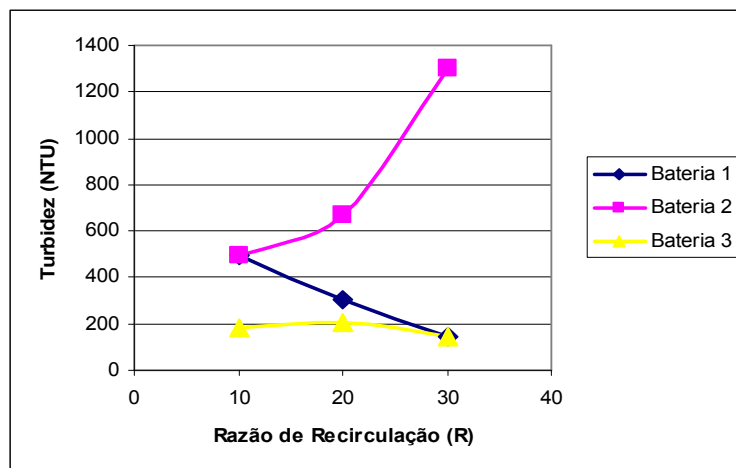


Figura 36 - Remoção da turbidez em relação ao aumento de R.

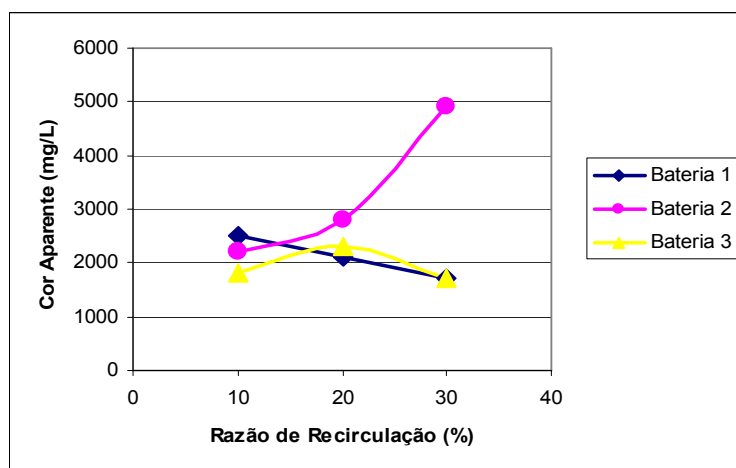


Figura 37 - Remoção da cor aparente em relação ao aumento de R.

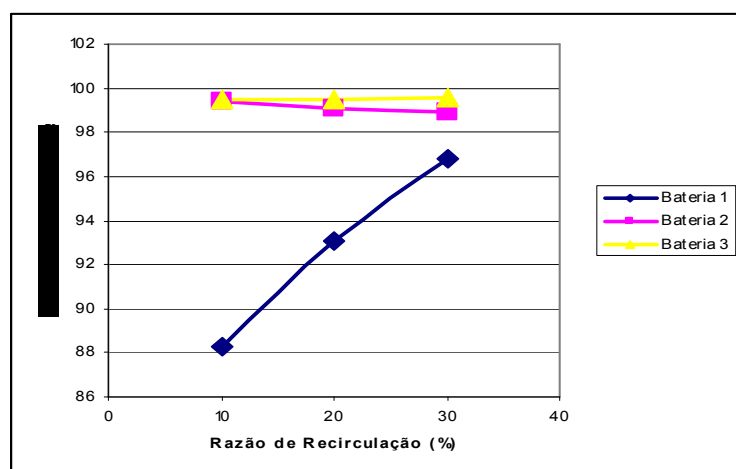


Figura 38 - Eficiência de remoção de turbidez em relação ao aumento de R.

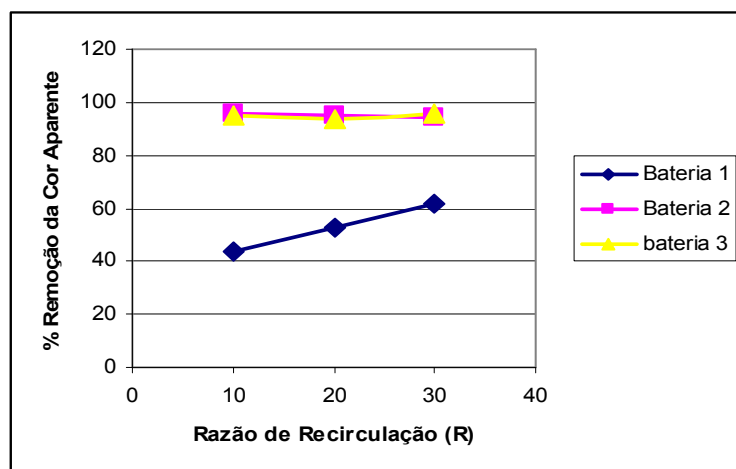


Figura 39 - Eficiência de remoção de cor aparente em relação ao aumento de R.



Figura 40 - Ilustração dos testes de variação de R.

4.5 REMOÇÃO DOS PARÂMETROS TURBIDEZ, SST, SSV, O&G E DQO

Nas tabelas 13, 14 e 15 são apresentados os resultados de caracterização do efluente bruto, em termos de Temperatura, pH, alcalinidade total (AT), SST, SSV, O&G e DQO e os resultados do efluente tratado com os

parâmetros ótimos, obtidos pelos ensaios em cada bateria, a fim de comparar o desempenho da clarificação frente à flotação por ar dissolvido.

Nota-se que todos tiveram resultados de eficiência consideravelmente bons, com exceção dos resultados da segunda bateria de ensaios, que também foram bons, mas, em relação às outras duas baterias, mostraram-se inferiores.

Considerando-se que as características do efluente bruto das baterias 2 e 3 são parecidas, pode-se comparar o tratamento feito na bateria 3 que foi mais eficiente do que o realizado na bateria 2.

Comparando-se os resultados obtidos nesta pesquisa com os de AZBAR e YONAR (2004), nota-se que há uma maior eficiência de remoção com os PACs e com o coagulante orgânico em relação ao sulfato de alumínio e cloreto férrico, embora as características de entrada dos efluentes sejam diferentes das utilizadas pelo autores citados.

Tabela 13 - Caracterização do efluente bruto, tratado e % de remoção para a 1ª bateria de ensaios

PARÂMETROS	EFLUENTE BRUTO	EFLUENTE TRATADO	REMOÇÃO (%)
Temperatura (°C)	14,5 – 19,0	-	-
pH	≈ 8,67	≈ 4,90	-
Turbidez (NTU)	≈ 4450	144	96,8
AT (mg/L)	580	-	-
SST (mg/L)	2962	153	94,8
SSV (mg/L)	2758	67	97,6
O&G (mg/L)	800	≈ 0	≈ 100
DQO	11854	542	95,4

Tabela 14 - Caracterização do efluente bruto, tratado e % de remoção para a 2ª bateria de ensaios

PARÂMETROS	EFLUENTE BRUTO	EFLUENTE TRATADO	REMOÇÃO (%)
Temperatura (°C)	13,0 – 17,5	-	-
pH	≈ 8,5	≈ 4,50	-
Turbidez (NTU)	≈ 34500	209	99,4
AT (mg/L)	2090	-	-
SST (mg/L)	2777	733	73,6
SSV (mg/L)	2640	353	86,6
O&G (mg/L)	3660	212	94,2
DQO	65528	4128	93,7

Comparando-se também os resultados obtidos com a Tabela 8 (Padrões de qualidade), pode-se verificar só pelo parâmetro DQO que, mesmo com a alta eficiência de remoção que os tratamentos apresentaram, esta água não poderia ser utilizada nas torres de resfriamento, pois a exigência é de 75 mg/L O₂. O alto teor de DQO na água favorece o crescimento de algas nas torres de resfriamento.

Tabela 15 - Caracterização do efluente bruto, tratado e % de remoção para a 3ª bateria de ensaios

PARÂMETROS	EFLUENTE BRUTO	EFLUENTE TRATADO	REMOÇÃO (%)
Temperatura (°C)	13,2 – 16,2	-	-
pH	≈ 8,5	≈ 4,50	-
Turbidez (NTU)	≈ 37667	141	99,6
AT (mg/L)	2120	-	-
SST (mg/L)	2200	155	92,9
SSV (mg/L)	1970	36	98,2
O&G (mg/L)	3900	7,8	99,8
DQO	60300	2942	95,1

Para o reuso desta água, seria necessário um tratamento posterior ao tratamento físico-químico por FAD, como por exemplo, lodos ativados ou uma lagoa de aeração.

5 CONCLUSÕES

Considerando-se os dados da pesquisa pode-se concluir que:

- O emprego da coagulação + floculação + flotação por ar dissolvido, constitui-se em sistema de grande potencialidade para o tratamento de efluentes com grande carga de DQO e O&G como o efluente estudado;
- Os PACs e o coagulante orgânico mostraram-se muito eficientes para remoção dos parâmetros estudados (turbidez, SST, SSV, O&G e DQO) e mostraram ter pouca influência no pH_f, porém, a faixa de pH na qual ocorre a coagulação deve ser baixa e no caso de um tratamento posterior, deve-se corrigir este pH com NaOH, pois nos três casos o pH_f foi ácido;
- O coagulante de origem orgânica (PC 2700) apresentou eficiências maiores em termos de remoção dos parâmetros estudados que os outros dois coagulantes;
- A utilização dos polieletrólitos é de grande importância na floculação a fim de deixar os flocos mais resistentes, porém, mostraram uma diminuição na eficiência de remoção da turbidez, ou seja, os coagulantes agindo sozinhos mostraram valores bem menores de turbidez do que associados aos polieletrólitos. Fora do ponto ótimo de dosagem, quanto maior ou menor a concentração de polieletrólito maior a turbidez encontrada.
- A eficiência das razões de recirculação (R) mostrou-se parecida para as baterias 2 e 3, o que mostra que se pode utilizar uma razão de recirculação pequena se for projetado um flotador;
- Para o tipo de efluente utilizado na pesquisa, com tamanha carga orgânica, seria necessário um pós-tratamento biológico, após o tratamento físico-químico e flotação por FAD para a remoção da carga orgânica restante, que ainda é muito alta, para que se torne possível o reuso ou disposição direta nos cursos d'água.

6 RECOMENDAÇÕES PARA FUTURAS INVESTIGAÇÕES

Recomenda-se para futuros trabalhos de pesquisa que se complemente o aqui desenvolvido, incluindo:

- Variação da dosagem de coagulante, simultaneamente à variação da dosagem de polieletrólito, pois este tem o caráter de, com sua adição, fazer diminuir a dosagem de coagulante;
- Efetuar ensaios variando os tempos e velocidades de mistura lenta;
- Efetuar mais análises de DQO e O&G com o efluente tratado a fim de verificar se o que foi descrito por Saatci et al. (2001) citado por AZBAR e YONAR (2004), de que os valores de DQO e O&G se correlacionam ($R^2 = 0,92$) se confirma.

REFERÊNCIAS

AL-SHAMRANI, A. A.; JAMES, A.; XIAO, H.; Desestabilization of oil-water emulsions and separation by dissolved air flotation. **Water Research Manchester**, UK. v. 36, p. 1503-1512, 2002.

AQUAFIL. **Tratamento de Efluentes Industriais**. Projeto nº C-721, Memorial Descritivo. Cascavel: Aquafil, 1987.

AZBAR, N.; YONAR, T.; Comparative evaluation of a laboratory and full-scale treatment alternatives for the vegetable oil refining industry wastewater (VORW). **Process Biochemistry**, Turquia, v. 39, p. 869-875, 2004.

BEEBY, J. P.; NICOL, S. K. Concentration of oil-in-water emulsion using the air-sparged hydrocyclone. **Filtration & Separation**, Austrália, v. 30, n. 2, p. 141-146, 1993.

BLUM, J. R. C.; Critérios e padrões de qualidade da água. In: MANCUSO, P. C. S; SANTOS, H. F. (Ed.). **Reuso de água**. 1º ed, Barueri, SP: Manole, 2003, p. 125-174.

CENTURIONE FILHO, P. L.; DI BERNARDO, L. Procedimento para execução de ensaios de flotação/filtração em equipamento de bancada. **Revista de Engenharia Sanitária e Ambiental**, Rio de Janeiro, v. 8, n. 1, p. 39-44. 2003.

CENTURIONE FILHO, P. L.; **Desenvolvimento e operação de uma instalação de flotação de bancada para águas de abastecimento**. 2002. 313 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Sanitária e Ambiental) - Escola de Engenharia de São Carlos, USP, São Carlos-SP, 2002.

CLESCERI, L. S.; GREENBERG, A. E. G; EATON, A. D; **Standard methods for examination of water and wastewater..** 20 ed. Washington D. C.: APHA/AWWA/WEF, 1998.

DI BERNARDO, L. COSTA, E. H.; **Curso de coagulação e floculação de água de abastecimento.** Belo Horizonte-MG: Associação Brasileira de Engenharia Sanitária Ambiental - ABES-MG, 1993.

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

DORSA, R.; **Tecnologia de óleos vegetais.** 1 ed. Campinas-SP: Editora Gráfica Ideal: 2004, 463 p.

JAMESON, G. J.; Hydrophobicity and floc density in induced-air flotation for water treatment. **Colloids and Surfaces A: Physicochemical and Engineering Aspects**, Australia, v. 151, p. 269-281, 1999.

KURITA. **Tratamento químico para estações de tratamento de água.** Disponível em:
 <<http://www.kurita.com.br/modules.php?name=download&f=visit&lid=3>>
 Acesso em: 20 abr. 2007.

LACERDA, R. S.; MARQUES, S. F. S.; BRANDÃO, C.C.S. A influência do pH de coagulação e do tempo de floculação na flotação por ar dissolvido de águas de baixa turbidez e com presença de algas. CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA SANITÁRIA E AMBIENTAL, 9, 1998. Brasília, Asa Norte DF. **Anais...** Brasília, Asa Norte DF: Departamentode Tecnologia ambiental e recursos hídricos - Universidade de Brasília, 1998. p. 1566-1577.

LELINSKI, D. **Ash flotation of dispersed oil droplets.** A model system for bitumen flotation from tar sand. 1993. 125 f. M.Sc. (Thesis) - University of Utah, Utah, 1993.

LEPPINEN, D. M. A kinetic model of dissolved air flotation including the effects of interparticle forces. **J. Water Supply: Res. Technol-Aqua**, Cambridge UK, v. 49, n. 5, p. 258-259. 2000.

MAGALHÃES, A. F. R. **Proposição, implantação, partida e ajustes de reatores biológicos e físico-químicos para tratamento e reciclagem de efluentes de lavadores de veículos em escala real**. 2005. 136 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil na área Saneamento e Meio Ambiente) - Unicamp. Campinas SP, 2005.

MENDES, C.G.N.; **Estudo da coagulação de águas sintéticas e naturais com turbidez e cor variáveis**. 144 f. Tese (Doutorado em Hidráulica e Saneamento) – Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo. São Carlos, 1989.

TCHOBANOGLIOUS, G.; BURTON, F. L. STENSEL, H. D.; **Wastewater Engineering: Treatment and Reuse** - METCALF & EDDY Inc., NY: McGraw-Hill International, Civil Engineering Series, 1848 p., 2003.

PARANÁ. Instituto Ambiental do Paraná – IAP. **Manual de licenciamento ambiental**. Curitiba-PR: Empreendimentos Industriais, 1998. p. 8.

PAVANELLI, G. **Eficiência de diferentes tipos de coagulantes na coagulação, floculação e sedimentação de água com cor ou turbidez elevada**. 2001. 216 f. Dissertação (Mestrado em Hidráulica e Saneamento) - Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo. São Carlos, 2001.

RADOIU, M. T.; MARTIN D. I.; CALINESCU I.; IOVU H. Preparation of polyelectrolytes for wastewater treatment. **Journal of Hazardous Materials** 106 B, University of Bucharest, Romenia, v. 106, n. 1, p. 27-37, 2004.

REALI, M. A. P. CAMPOS, J. R. Emprego de flotação por ar dissolvido na clarificação de águas para abastecimento. **Boletim de Hidráulica e**

Saneamento. São Carlos, Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, SP. 1986. (Boletim n. 5)

RODRIGUES, R. T.; **Inovação tecnológica no tratamento de águas oleosas de plataformas marítimas.** Prêmio Jovem Cientista – Água: Fonte de Vida, 19. Porto Alegre-RS: Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Escola de Engenharia. 2003. 45 p.

ROSA, J. J. **Desenvolvimento de um novo processo de tratamento de águas oleosas - Processo FF.** Prêmio Jovem Cientista – Água: Fonte de Vida, 19. Porto Alegre-RS: Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Escola de Engenharia. 2003. 33 p.

ROSA, J. J., RUBIO J. The FF (flocculation–flotation) process. **Minerals Engineering**, Porto Alegre-RS, n. 18, p. 701–707. 2005.

TEIXEIRA, P. C. **Emprego da flotação por ar dissolvido no tratamento de efluentes de lavagem de veículos visando a reciclagem da água.** 2003. 199 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil na área Saneamento e Meio Ambiente) - Universidade Estadual de Campinas. Campinas, SP. 2003.

WILLEY, R.; Fats, oils, and greases: The minimization and treatment of wastewaters generated from oil refining and margarine production. **Ecotoxicology and Environmental Safety**, Bexington UK, v. 50, p. 127-133, 2001.

APÊNDICES

APÊNDICE A - ENSAIOS DE COAGULAÇÃO, FLOCULAÇÃO E FLOTAÇÃO VISANDO COMPARAR A EFICIENCIA DE REMOÇÃO DE TURBIDEZ E COR APARENTE REFERENTE À PRIMEIRA BATERIA.

Tabela A.1 Resultados do ensaio de coagulação, floculação e flotação com pH e dosagem de coagulante IC 1176 variáveis

Data: 22/05/07				Coagulante: IC 1176				Ensaio: 1				
MISTURA RAPIDA		FLOCULAÇÃO		FLOTAÇÃO				Características da água estudada				
Tmr = 1 min		Tf1 = 10 min / Tf2 = 5 min		Tsat = 10 min		R = 30 %		pH	Turbidez (NTU)	T (°C)		
Gmr = 150 s-1		Gf1 = 40 s-1 / Gf2 = 20 s-1		P = 450 kPa				8,87	4450	19,5		
						Va = 2,22 cm/min					Va = 1,67 cm/min	
Frasco	Dosagem produto químico		pH corrigido	Turbidez (NTU)	Cor (PtCo APHA)	Turbidez (NTU)	Cor (PtCo APHA)	Turbidez (NTU)	Cor (PtCo APHA)	pH final		
	Coagulante	Floculante										
1	500 ppm	-	4,77	58,7	396,0	48,9	374,0	47,0	365,0	4,6		
2	550 ppm	-	4,78	58,5	337,0	43,8	306,0	40,1	294,0	4,5		
3	600 ppm	-	4,78	244,0	1100,0	154,0	1000,0	65,6	346,0	4,4		

Tabela A.2 Resultados do ensaio de coagulação, floculação e flotação com pH e dosagem de coagulante IC 1176 variáveis

Data: 22/05/07				Coagulante: IC 1176					Ensaio: 2	
MISTURA RAPIDA		FLOCULAÇÃO		FLOTAÇÃO				Características da água estudada		
Tmr = 1 min		Tf1 = 10 min / Tf2 = 5 min		Tsat = 10 min		R = 30 %		pH	Turbidez (NTU)	T (°C)
Gmr = 150 s-1		Gf1 = 40 s-1 / Gf2 = 20 s-1		P = 450 kPa						
								8,87	4450	19,5
				Va = 2,22 cm/min		Va = 1,67 cm/min		Va = 1,11 cm/min		
Frasco	Dosagem produto químico		pH corrigido	Turbidez (NTU)	Cor (PtCo APHA)	Turbidez (NTU)	Cor (PtCo APHA)	Turbidez (NTU)	Cor (PtCo APHA)	pH final
	Coagulante	Floculante								
1	500 ppm	-	4,97	52,9	346,0	41,0	337,0	38,9	340,0	4,54
2	550 ppm	-	4,98	137,0	400,0	64,2	462,0	46,7	426,0	4,46
3	600 ppm	-	4,97	275,0	700,0	133,0	800,0	73,6	451,0	4,33

Tabela A.3 Resultados do ensaio de coagulação, floculação e flotação com pH e dosagem de coagulante IC 1176 variáveis

Data: 23/05/07				Coagulante: IC 1176						Ensaio: 3	
MISTURA RAPIDA		FLOCULAÇÃO		FLOTAÇÃO				Características da água estudada			
Tmr = 1 min		Tf1 = 10 min / Tf2 = 5 min		Tsat = 10 min		R = 30 %		pH	Turbidez (NTU)	T (°C)	
Gmr = 150 s-1		Gf1 = 40 s-1 / Gf2 = 20 s-1		P = 450 kPa							
								8,85	4450	18	
				Va = 2,22 cm/min		Va = 1,67 cm/min		Va = 1,11 cm/min			
Frasco	Dosagem produto químico		pH corrigido	Turbidez (NTU)	Cor (PtCo APHA)	Turbidez (NTU)	Cor (PtCo APHA)	Turbidez (NTU)	Cor (PtCo APHA)	pH final	
	Coagulante	Floculante									
1	500 ppm	-	5,22	683	3200	687	3900	681	4200	4,83	
2	550 ppm	-	5,21	444	2500	434	2500	430	2400	4,65	
3	600 ppm	-	5,22	284	2000	271	1900	269	2900	4,54	

Tabela A.4 Resultados do ensaio de coagulação, floculação e flotação com pH e dosagem de coagulante IC 1176 variáveis

Data: 23/05/07				Coagulante: IC 1176				Ensaio: 4		
MISTURA RAPIDA		FLOCULAÇÃO		FLOTAÇÃO				Características da água estudada		
Tmr = 1 min		Tf1 = 10 min / Tf2 = 5 min		Tsat = 10 min		R = 30 %		pH	Turbidez (NTU)	T (°C)
Gmr = 150 s-1		Gf1 = 40 s-1 / Gf2 = 20 s-1		P = 450 kPa				8,75	4450	18
				Va = 2,22 cm/min		Va = 1,67 cm/min				
Frasco	Dosagem produto químico		pH corrigido	Turbidez (NTU)	Cor (PtCo APHA)	Turbidez (NTU)	Cor (PtCo APHA)	Turbidez (NTU)	Cor (PtCo APHA)	pH final
	Coagulante	Floculante								
1	500 ppm	-	4,61	88,8	436,0	65,8	403,0	52,9	367,0	4,48
2	550 ppm	-	4,61	220,0	1900,0	114,0	446,0	73,1	373,0	4,37
3	600 ppm	-	4,59	1710,0	7800,0	1100,0	5100,0	423,0	1700,0	4,24

Tabela A.5 Resultados do ensaio de coagulação, floculação e flotação com pH e dosagem de coagulante IC 1176 variáveis

Data: 23/05/07				Coagulante: IC 1176					Ensaio: 5	
MISTURA RAPIDA		FLOCULAÇÃO		FLOTAÇÃO				Características da água estudada		
Tmr = 1 min		Tf1 = 10 min / Tf2 = 5 min		Tsat = 10 min		R = 30 %		pH	Turbidez (NTU)	T (°C)
Gmr = 150 s-1		Gf1 = 40 s-1 / Gf2 = 20 s-1		P = 450 kPa						
								8,75	4450	18
				Va = 2,22 cm/min		Va = 1,67 cm/min		Va = 1,11 cm/min		
Frasco	Dosagem produto químico		pH corrigido	Turbidez (NTU)	Cor (PtCo APHA)	Turbidez (NTU)	Cor (PtCo APHA)	Turbidez (NTU)	Cor (PtCo APHA)	pH final
	Coagulante	Floculante								
1	500 ppm	-	4,41	429,0	2400,0	361,0	1300,0	358,0	1200,0	4,32
2	550 ppm	-	4,39	352,0	2200,0	113,0	651,0	126,0	721,0	4,24
3	600 ppm	-	4,41	1280,0	5200,0	1040,0	4600,0	1010,0	4500,0	4,19

Tabela A.6 Resultados do ensaio de coagulação, floculação e flotação com floculante F11 variável

Data: 24/05/07				Coagulante: IC 1176 / Floculante: F11				Ensaio: 6		
MISTURA RAPIDA		FLOCULAÇÃO		FLOTAÇÃO				Características da água estudada		
Tmr = 1 min		Tf1 = 10 min / Tf2 = 5 min		Tsat = 10 min		R = 30 %		pH	Turbidez (NTU)	T (°C)
Gmr = 150 s-1		Gf1 = 40 s-1 / Gf2 = 20 s-1		P = 450 kPa				8,76	4450	18
						Va = 1,67 cm/min				
Frasco	Dosagem produto químico		pH corrigido	Turbidez (NTU)	Cor (PtCo APHA)	Turbidez (NTU)	Cor (PtCo APHA)	Turbidez (NTU)	Cor (PtCo APHA)	pH final
	Coagulante	Floculante								
1	500 ppm	2 ppm	4,97	361	9000	-	-	-	-	4,48
2	500 ppm	3 ppm	4,98	293	2000	-	-	-	-	4,50
3	500 ppm	4 ppm	4,98	233	1000	-	-	-	-	4,55

Tabela A.7 Resultados do ensaio de coagulação, floculação e flotação com floculante F11 variável

Data: 24/05/07				Coagulante: IC 1176 / Floculante: F11 (aniônico)				Ensaio: 7		
MISTURA RAPIDA		FLOCULAÇÃO		FLOTAÇÃO				Características da água estudada		
Tmr = 1 min		Tf1 = 10 min / Tf2 = 5 min		Tsat = 10 min		R = 30 %		pH	Turbidez (NTU)	T (°C)
Gmr = 150 s-1		Gf1 = 40 s-1 / Gf2 = 20 s-1		P = 450 kPa						
								8,67	4450	16
				Va = 1,67 cm/min		Va =		Va =		
Frasco	Dosagem produto químico		pH corrigido	Turbidez (NTU)	Cor (PtCo APHA)	Turbidez (NTU)	Cor (PtCo APHA)	Turbidez (NTU)	Cor (PtCo APHA)	pH final
	Coagulante	Floculante								
1	500 ppm	5 ppm	5,00	351	1000	-	-	-	-	4,77
2	500 ppm	7 ppm	4,98	424	1300	-	-	-	-	4,81
3	500 ppm	9 ppm	5,01	648	2100	-	-	-	-	4,79

Tabela A.8 Resultados do ensaio de coagulação, floculação e flotação com floculante não iônico variável

Data: 24/05/07				Coagulante: IC 1176 / Floculante: não iônico				Ensaio: 8		
MISTURA RAPIDA		FLOCULAÇÃO		FLOTAÇÃO				Características da água estudada		
Tmr = 1 min		Tf1 = 10 min / Tf2 = 5 min		Tsat = 10 min		R = 30 %		pH	Turbidez (NTU)	T (°C)
Gmr = 150 s-1		Gf1 = 40 s-1 / Gf2 = 20 s-1		P = 450 kPa				8,67	4450	16
				Va = 1,67 cm/min		Va =				
Frasco	Dosagem produto químico		pH corrigido	Turbidez (NTU)	Cor (PtCo APHA)	Turbidez (NTU)	Cor (PtCo APHA)	Turbidez (NTU)	Cor (PtCo APHA)	pH final
	Coagulante	Floculante								
1	500 ppm	2 ppm	4,99	171	500	-	-	-	-	4,87
2	500 ppm	3 ppm	5,02	171	500	-	-	-	-	4,74
3	500 ppm	4 ppm	4,98	211	400	-	-	-	-	4,74

Tabela A.9 Resultados do ensaio de coagulação, floculação e flotação com floculante não iônico variável

Data: 24/05/07				Coagulante: IC 1176 / Floculante: não iônico				Ensaio: 9		
MISTURA RAPIDA		FLOCULAÇÃO		FLOTAÇÃO				Características da água estudada		
Tmr = 1 min		Tf1 = 10 min / Tf2 = 5 min		Tsat = 10 min		R = 30 %		pH	Turbidez (NTU)	T (°C)
Gmr = 150 s-1		Gf1 = 40 s-1 / Gf2 = 20 s-1		P = 450 kPa				8,67	4450	16
						Va = 1,67 cm/min				
Frasco	Dosagem produto químico		pH corrigido	Turbidez (NTU)	Cor (PtCo APHA)	Turbidez (NTU)	Cor (PtCo APHA)	Turbidez (NTU)	Cor (PtCo APHA)	pH final
	Coagulante	Floculante								
1	500 ppm	5 ppm	4,99	114	502	-	-	-	-	4,55
2	500 ppm	7 ppm	4,97	219	8300	-	-	-	-	4,53
3	500 ppm	9 ppm	5,01	166	800	-	-	-	-	4,58

Tabela A.10 Resultados do ensaio de coagulação, floculação e flotação com floculante CE 1161 variável

Data: 25/05/07				Coagulante: IC 1176 / Floculante: CE 1161 (catiônico)					Ensaio: 10	
MISTURA RAPIDA		FLOCULAÇÃO		FLOTAÇÃO				Características da água estudada		
Tmr = 1 min		Tf1 = 10 min / Tf2 = 5 min		Tsat = 10 min		R = 30 %		pH	Turbidez (NTU)	T (°C)
Gmr = 150 s-1		Gf1 = 40 s-1 / Gf2 = 20 s-1		P = 450 kPa				8,5	4450	16,4
				Va = 1,67 cm/min		Va =				
Frasco	Dosagem produto químico		pH corrigido	Turbidez (NTU)	Cor (PtCo APHA)	Turbidez (NTU)	Cor (PtCo APHA)	Turbidez (NTU)	Cor (PtCo APHA)	pH final
	Coagulante	Floculante								
1	500 ppm	2 ppm	5,02	222	1000	-	-	-	-	4,88
2	500 ppm	3 ppm	5,01	304	2500	-	-	-	-	4,80
3	500 ppm	4 ppm	5,01	159	1500	-	-	-	-	4,74

Tabela A.11 Resultados do ensaio de coagulação, floculação e flotação com floculante CE 1161 variável

Data: 25/05/07				Coagulante: IC 1176 / Floculante: CE 1161 (catiônico)				Ensaio: 11		
MISTURA RAPIDA		FLOCULAÇÃO		FLOTAÇÃO				Características da água estudada		
Tmr = 1 min		Tf1 = 10 min / Tf2 = 5 min		Tsat = 10 min		R = 30 %		pH	Turbidez (NTU)	T (°C)
Gmr = 150 s-1		Gf1 = 40 s-1 / Gf2 = 20 s-1		P = 450 kPa				8,5	4450	16,4
						Va = 1,67 cm/min				
Frasco	Dosagem produto químico		pH corrigido	Turbidez (NTU)	Cor (PtCo APHA)	Turbidez (NTU)	Cor (PtCo APHA)	Turbidez (NTU)	Cor (PtCo APHA)	pH final
	Coagulante	Floculante								
1	500 ppm	5 ppm	5,00	163	800	-	-	-	-	5,11
2	500 ppm	7 ppm	4,99	192	900	-	-	-	-	5,00
3	500 ppm	9 ppm	5,00	231	300	-	-	-	-	4,94

Tabela A.12 Resultados do ensaio de coagulação, floculação e flotação com razão de recirculação (R) variável

Data: 25/05/07				Coagulante: IC 1176 / Floculante: não iônico				Ensaio: 12		
MISTURA RAPIDA		FLOCULAÇÃO		FLOTAÇÃO				Características da água estudada		
Tmr = 1 min		Tf1 = 10 min / Tf2 = 5 min		Tsat = 10 min		R = 10, 20 e 30 %		pH	Turbidez (NTU)	T (°C)
Gmr = 150 s-1		Gf1 = 40 s-1 / Gf2 = 20 s-1		P = 450 kPa				8,5	4450	16,8
				Va = 1,67 cm/min		Recirculação				
Frasco	Dosagem produto químico		pH corrigido	Turbidez (NTU)	Cor (PtCo APHA)	Turbidez (NTU)	Cor (PtCo APHA)	Turbidez (NTU)	Cor (PtCo APHA)	pH final
	Coagulante	Floculante								
1	500 ppm	5 ppm	4,99	497	2500	10%	-	-	-	4,77
2	500 ppm	5 ppm	4,97	308	2100	20%	-	-	-	4,86
3	500 ppm	5 ppm	5,00	144	1700	30%	-	-	-	4,92

Tabela A.13 Resultados do ensaio de coagulação, floculação e flotação otimizados

Data: 26/05/07 (junção dos ótimos)				Coagulante: IC 1176 / Floculante: não iônico					Ensaio: 13	
MISTURA RAPIDA		FLOCULAÇÃO		FLOTAÇÃO				Características da água estudada		
Tmr = 1 min		Tf1 = 10 min / Tf2 = 5 min		Tsat = 10 min		R = 30 %		pH	Turbidez (NTU)	T (°C)
Gmr = 150 s-1		Gf1 = 40 s-1 / Gf2 = 20 s-1		P = 450 kPa				8,65	4450	14,5
				Va = 1,67 cm/min		Va =				
Frasco	Dosagem produto químico		pH	Turbidez	Cor	Turbidez	Cor	Turbidez	Cor	
	Coagulante	Floculante								
1	500 ppm	5 ppm	5,03	138	1700	-	-	-	-	4,9
2	500 ppm	5 ppm	5,01	146	1500	-	-	-	-	4,84
3	500 ppm	5 ppm	4,99	perdida	-	-	-	-	-	

APÊNDICE B - ENSAIOS DE COAGULAÇÃO, FLOCULAÇÃO E FLOTAÇÃO VISANDO COMPARAR A EFICIENCIA DE REMOÇÃO DE TURBIDEZ E COR APARENTE REFERENTE À SEGUNDA BATERIA

Tabela B.1 Resultados do ensaio de coagulação, floculação e flotação com pH e dosagem de coagulante PE 019 variáveis

Data: 26/05/07				Coagulante: PE 019				Ensaio: 1			
MISTURA RAPIDA		FLOCULAÇÃO		FLOTAÇÃO				Características da água estudada			
Tmr = 1 min		Tf1 = 10 min / Tf2 = 5 min		Tsat = 10 min		R = 30 %		pH	Turbidez (NTU)	T (°C)	
Gmr = 150 s-1		Gf1 = 40 s-1 / Gf2 = 20 s-1		P = 450 kPa				8,44	33700	16,5	
						Va = 1,67 cm/min					Va = 1,11 cm/min
Frasco	Dosagem produto químico		pH corrigido	Turbidez (NTU)	Cor (PtCo APHA)	Turbidez (NTU)	Cor (PtCo APHA)	Turbidez (NTU)	Cor (PtCo APHA)	pH final	
	Coagulante	Floculante									
1	400 ppm	-	4,99	2940	30300	2860	29200	-	-	5,01	
2	500 ppm	-	5,01	2570	26000	2420	25300	-	-	4,99	
3	600 ppm	-	4,95	1040	11300	1090	12100	-	-	4,88	

Tabela B.2 Resultados do ensaio de coagulação, floculação e flotação com pH e dosagem de coagulante PE 019 variáveis

Data: 26/05/07				Coagulante: PE 019				Ensaio: 2		
MISTURA RAPIDA		FLOCULAÇÃO		FLOTAÇÃO				Características da água estudada		
Tmr = 1 min		Tf1 = 10 min / Tf2 = 5 min		Tsat = 10 min		R = %		pH	Turbidez (NTU)	T (°C)
Gmr = 150 s-1		Gf1 = 40 s-1 / Gf2 = 20 s-1		P = 450 kPa				8,31	33700	17,1
				Va = 1,67 cm/min		Va = 1,11 cm/min				
Frasco	Dosagem produto químico		pH corrigido	Turbidez (NTU)	Cor (PtCo APHA)	Turbidez (NTU)	Cor (PtCo APHA)	Turbidez (NTU)	Cor (PtCo APHA)	pH final
	Coagulante	Floculante								
1	400 ppm	-	4,8	527	6900	503	6800	-	-	4,75
2	500 ppm	-	4,82	588	7300	549	7200	-	-	4,79
3	600 ppm	-	4,78	1970	22500	1892	21000	-	-	4,79

Tabela B.3 Resultados do ensaio de coagulação, floculação e flotação com pH e dosagem de coagulante PE 019 variáveis

Data: 26/05/07				Coagulante: PE 019				Ensaio: 3			
MISTURA RAPIDA		FLOCULAÇÃO		FLOTAÇÃO				Características da água estudada			
Tmr = 1 min		Tf1 = 10 min / Tf2 = 5 min		Tsat = 10 min		R = 30 %		pH	Turbidez (NTU)	T (°C)	
Gmr = 150 s-1		Gf1 = 40 s-1 / Gf2 = 20 s-1		P = 450 kPa				8,43	33700	17,1	
						Va = 1,67 cm/min					Va = 1,11 cm/min
Frasco	Dosagem produto químico		pH corrigido	Turbidez (NTU)	Cor (PtCo APHA)	Turbidez (NTU)	Cor (PtCo APHA)	Turbidez (NTU)	Cor (PtCo APHA)	pH final	
	Coagulante	Floculante									
1	400 ppm	-	4,5	478	7500	439	7400	-	-	4,48	
2	500 ppm	-	4,49	312	1800	301	2100	-	-	4,42	
3	600 ppm	-	4,48	381	2700	369	2700	-	-	4,21	

Tabela B.4 Resultados do ensaio de coagulação, floculação e flotação com pH e dosagem de coagulante PE 019 variáveis

Data: 28/05/07				Coagulante: PE 019				Ensaio: 4		
MISTURA RAPIDA		FLOCULAÇÃO		FLOTAÇÃO				Características da água estudada		
Tmr = 1 min		Tf1 = 10 min / Tf2 = 5 min		Tsat = 10 min		R = 30 %		pH	Turbidez (NTU)	T (°C)
Gmr = 150 s-1		Gf1 = 40 s-1 / Gf2 = 20 s-1		P = 450 kPa				8,45	33700	17,5
				Va = 1,67 cm/min		Va =		Va =		
Frasco	Dosagem produto químico		pH corrigido	Turbidez (NTU)	Cor (PtCo APHA)	Turbidez (NTU)	Cor (PtCo APHA)	Turbidez (NTU)	Cor (PtCo APHA)	pH final
	Coagulante	Floculante								
1	400 ppm	-	4,31	991	3700	-	-	-	-	4,35
2	500 ppm	-	4,29	489	2300	-	-	-	-	4,26
3	600 ppm	-	4,33	412	2000	-	-	-	-	4,27

Tabela B.5 Resultados do ensaio de coagulação, floculação e flotação com pH e dosagem de coagulante PE 019 variáveis

Data: 28/05/07				Coagulante: PE 019				Ensaio: 5				
MISTURA RAPIDA		FLOCULAÇÃO		FLOTAÇÃO				Características da água estudada				
Tmr = 1 min		Tf1 = 10 min / Tf2 = 5 min		Tsat = 10 min		R = 30 %		pH	Turbidez (NTU)	T (°C)		
Gmr = 150 s-1		Gf1 = 40 s-1 / Gf2 = 20 s-1		P = 450 kPa				8,45	33700	17,5		
				Va = 1,67 cm/min		Va =					Va =	
Frasco	Dosagem produto químico		pH corrigido	Turbidez (NTU)	Cor (PtCo APHA)	Turbidez (NTU)	Cor (PtCo APHA)				Turbidez (NTU)	Cor (PtCo APHA)
	Coagulante	Floculante										
1	400 ppm	-	8	45900	233000	-	-	-	-	8,06		
2	500 ppm	-	8	46300	219000	-	-	-	-	7,98		
3	600 ppm	-	8,03	47100	212000	-	-	-	-	7,9		

Tabela B.6 Resultados do ensaio de coagulação, floculação e flotação com pH e dosagem de coagulante PE 019 variáveis

Data: 28/05/07				Coagulante: PE 019					Ensaio: 6	
MISTURA RAPIDA		FLOCULAÇÃO		FLOTAÇÃO				Características da água estudada		
Tmr = 1 min		Tf1 = 10 min / Tf2 = 5 min		Tsat = 10 min		R = 30 %		pH	Turbidez (NTU)	T (°C)
Gmr = 150 s-1		Gf1 = 40 s-1 / Gf2 = 20 s-1		P = 450 kPa						
								8,45	33700	17,5
				Va = 1,67 cm/min		Va =		Va =		
Frasco	Dosagem produto químico		pH corrigido	Turbidez (NTU)	Cor (PtCo APHA)	Turbidez (NTU)	Cor (PtCo APHA)	Turbidez (NTU)	Cor (PtCo APHA)	pH final
	Coagulante	Floculante								
1	400 ppm	-	4,02	548	1200	-	-	-	-	3,99
2	500 ppm	-	3,96	393	800	-	-	-	-	3,92
3	600 ppm	-	3,97	421	1000	-	-	-	-	3,91

Tabela B.7 Resultados do ensaio de coagulação, floculação e flotação com floculante F11 variável

Data: 28/05/07				Coagulante: PE 019 / Floculante: F11					Ensaio: 7	
MISTURA RAPIDA		FLOCULAÇÃO		FLOTAÇÃO				Características da água estudada		
Tmr = 1 min		Tf1 = 10 min / Tf2 = 5 min		Tsat = 10 min		R = 30 %		pH	Turbidez (NTU)	T (°C)
Gmr = 150 s-1		Gf1 = 40 s-1 / Gf2 = 20 s-1		P = 450 kPa				8,46	33700	17,3
				Va = 1,67 cm/min		Va =				
Frasco	Dosagem produto químico		pH corrigido	Turbidez (NTU)	Cor (PtCo APHA)	Turbidez (NTU)	Cor (PtCo APHA)	Turbidez (NTU)	Cor (PtCo APHA)	pH final
	Coagulante	Floculante								
1	500 ppm	2 ppm	4,5	456	2400	-	-	-	-	4,5
2	500 ppm	4 ppm	4,49	260	1500	-	-	-	-	4,48
3	500 ppm	5 ppm	4,51	522	2200	-	-	-	-	4,49

Tabela B.8 Resultados do ensaio de coagulação, floculação e flotação com floculante F11 variável

Data: 28/05/07				Coagulante: PE 019 / Floculante: F11					Ensaio: 8	
MISTURA RAPIDA		FLOCULAÇÃO		FLOTAÇÃO				Características da água estudada		
Tmr = 1 min		Tf1 = 10 min / Tf2 = 5 min		Tsat = 10 min		R = 30 %		pH	Turbidez (NTU)	T (°C)
Gmr = 150 s-1		Gf1 = 40 s-1 / Gf2 = 20 s-1		P = 450 kPa				8,46	33700	17,3
				Va = 1,67 cm/min		Va =				
Frasco	Dosagem produto químico		pH corrigido	Turbidez (NTU)	Cor (PtCo APHA)	Turbidez (NTU)	Cor (PtCo APHA)	Turbidez (NTU)	Cor (PtCo APHA)	pH final
	Coagulante	Floculante								
1	500 ppm	7 ppm	4,49	694	2900	-	-	-	-	4,52
2	500 ppm	9 ppm	4,49	869	3500	-	-	-	-	4,51
3	500 ppm	11 ppm	4,5	1375	4900	-	-	-	-	4,5

Tabela B.9 Resultados do ensaio de coagulação, floculação e flotação com floculante não iônico variável

Data: 29/05/07				Coagulante: PE 019 / Floculante: não iônico					Ensaio: 9	
MISTURA RAPIDA		FLOCULAÇÃO		FLOTAÇÃO				Características da água estudada		
Tmr = 1 min		Tf1 = 10 min / Tf2 = 5 min		Tsat = 10 min		R = 30 %		pH	Turbidez (NTU)	T (°C)
Gmr = 150 s-1		Gf1 = 40 s-1 / Gf2 = 20 s-1		P = 450 kPa				8,46	33700	15,4
				Va = 1,67 cm/min		Va =				
Frasco	Dosagem produto químico		pH corrigido	Turbidez (NTU)	Cor (PtCo APHA)	Turbidez (NTU)	Cor (PtCo APHA)	Turbidez (NTU)	Cor (PtCo APHA)	pH final
	Coagulante	Floculante								
1	500 ppm	2 ppm	4,52	777	3600	-	-	-	-	4,7
2	500 ppm	4 ppm	4,51	927	3700	-	-	-	-	4,65
3	500 ppm	5 ppm	4,48	1102	4300	-	-	-	-	4,6

Tabela B.10 Resultados do ensaio de coagulação, floculação e flotação com floculante não iônico variável

Data: 29/05/07				Coagulante: PE 019 / Floculante: não iônico					Ensaio: 10		
MISTURA RAPIDA		FLOCULAÇÃO		FLOTAÇÃO				Características da água estudada			
Tmr = 1 min		Tf1 = 10 min / Tf2 = 5 min		Tsat = 10 min		R = 30 %		pH	Turbidez (NTU)	T (°C)	
Gmr = 150 s-1		Gf1 = 40 s-1 / Gf2 = 20 s-1		P = 450 kPa				8,56	35300	16	
						Va = 1,67 cm/min					Va =
Frasco	Dosagem produto químico		pH corrigido	Turbidez (NTU)	Cor (PtCo APHA)	Turbidez (NTU)	Cor (PtCo APHA)	Turbidez (NTU)	Cor (PtCo APHA)	pH final	
	Coagulante	Floculante									
1	500 ppm	7 ppm	4,47	821	3500	-	-	-	-	4,68	
2	500 ppm	9 ppm	4,48	1090	4300	-	-	-	-	4,67	
3	500 ppm	11 ppm	4,49	1493	5600	-	-	-	-	4,69	

Tabela B.11 Resultados do ensaio de coagulação, floculação e flotação com floculante CE 1161 variável

Data: 29/05/07				Coagulante: PE 019 / Floculante: CE 1161				Ensaio: 11				
MISTURA RAPIDA		FLOCULAÇÃO		FLOTAÇÃO				Características da água estudada				
Tmr = 1 min		Tf1 = 10 min / Tf2 = 5 min		Tsat = 10 min		R = 30 %		pH	Turbidez (NTU)	T (°C)		
Gmr = 150 s-1		Gf1 = 40 s-1 / Gf2 = 20 s-1		P = 450 kPa				8,57	35300	16,1		
				Va = 1,67 cm/min		Va =					Va =	
Frasco	Dosagem produto químico		pH corrigido	Turbidez (NTU)	Cor (PtCo APHA)	Turbidez (NTU)	Cor (PtCo APHA)				Turbidez (NTU)	Cor (PtCo APHA)
	Coagulante	Floculante										
1	500 ppm	2 ppm	4,49	534	3000	-	-	-	-	4,37		
2	500 ppm	4 ppm	4,48	586	3000	-	-	-	-	4,42		
3	500 ppm	5 ppm	4,51	690	3700	-	-	-	-	4,48		

Tabela B.12 Resultados do ensaio de coagulação, floculação e flotação com floculante CE 1161 variável

Data: 29/05/07				Coagulante: PE 019 / Floculante: CE 1161				Ensaio: 12		
MISTURA RAPIDA		FLOCULAÇÃO		FLOTAÇÃO				Características da água estudada		
Tmr = 1 min		Tf1 = 10 min / Tf2 = 5 min		Tsat = 10 min		R = 30 %		pH	Turbidez (NTU)	T (°C)
Gmr = 150 s-1		Gf1 = 40 s-1 / Gf2 = 20 s-1		P = 450 kPa				8,55	35300	15,9
				Va = 1,67 cm/min		Va =				
Frasco	Dosagem produto químico		pH corrigido	Turbidez (NTU)	Cor (PtCo APHA)	Turbidez (NTU)	Cor (PtCo APHA)	Turbidez (NTU)	Cor (PtCo APHA)	pH final
	Coagulante	Floculante								
1	500 ppm	7 ppm	4,47	547	2500	-	-	-	-	4,47
2	500 ppm	9 ppm	4,49	778	3500	-	-	-	-	4,61
3	500 ppm	11 ppm	4,49	1317	5100	-	-	-	-	4,71

Tabela B.13 Resultados do ensaio de coagulação, floculação e flotação com razão de recirculação (R) variável

Data: 29/05/07				Coagulante: PE 019 / Floculante: F11					Ensaio: 13	
MISTURA RAPIDA		FLOCULAÇÃO		FLOTAÇÃO				Características da água estudada		
Tmr = 1 min		Tf1 = 10 min / Tf2 = 5 min		Tsat = 10 min		R = %		pH	Turbidez (NTU)	T (°C)
Gmr = 150 s-1		Gf1 = 40 s-1 / Gf2 = 20 s-1		P = 450 kPa				8,56	35300	15,8
				Va = 1,67 cm/min		Recirculação				
Frasco	Dosagem produto químico		pH corrigido	Turbidez (NTU)	Cor (PtCo APHA)	Turbidez (NTU)	Cor (PtCo APHA)	Turbidez (NTU)	Cor (PtCo APHA)	pH final
	Coagulante	Floculante								
1	500 ppm	4 ppm	4,49	491	2200	10%	-	-	-	4,53
2	500 ppm	4 ppm	4,49	673	2800	20%	-	-	-	4,55
3	500 ppm	4 ppm	4,49	1302	4900	30%	-	-	-	4,59

Tabela B.14 Resultados do ensaio de coagulação, floculação e flotação com razão de recirculação (R) variável – repetição

Data: 30/05/07				Coagulante: PE 019 / Floculante: F11				Ensaio: 14		
MISTURA RAPIDA		FLOCULAÇÃO		FLOTAÇÃO				Características da água estudada		
Tmr = 1 min		Tf1 = 10 min / Tf2 = 5 min		Tsat = 10 min		R = %		pH	Turbidez (NTU)	T (°C)
Gmr = 150 s-1		Gf1 = 40 s-1 / Gf2 = 20 s-1		P = 450 kPa				8,65	35300	13
				Va = 1,67 cm/min		Recirculação		Va =		
Frasco	Dosagem produto químico		pH corrigido	Turbidez (NTU)	Cor (PtCo APHA)	Turbidez (NTU)	Cor (PtCo APHA)	Turbidez (NTU)	Cor (PtCo APHA)	pH final
	Coagulante	Floculante								
1	500 ppm	4 ppm	4,5	209	1500	10%	-	-	-	4,49
2	500 ppm	4 ppm	4,5	311	1800	20%	-	-	-	4,53
3	500 ppm	4 ppm	4,51	379	1900	30%	-	-	-	4,59

APÊNDICE C - ENSAIOS DE COAGULAÇÃO, FLOCULAÇÃO E FLOTAÇÃO VISANDO COMPARAR A EFICIENCIA DE REMOÇÃO DE TURBIDEZ E COR APARENTE REFERENTE À TERCEIRA BATERIA

Tabela C.1 Resultados do ensaio de coagulação, floculação e flotação com pH e dosagem de coagulante PC 2700 variáveis

Data: 30/05/07				Coagulante: PC 2700				Ensaio: 1		
MISTURA RAPIDA		FLOCULAÇÃO		FLOTAÇÃO				Características da água estudada		
Tmr = 1 min		Tf1 = 10 min / Tf2 = 5 min		Tsat = 10 min		R = 30 %		pH	Turbidez (NTU)	T (°C)
Gmr = 150 s-1		Gf1 = 40 s-1 / Gf2 = 20 s-1		P = 450 kPa				8,65	35300	13,2
				Va = 1,67 cm/min		Va = 1,11 cm/min				
Frasco	Dosagem produto químico		pH corrigido	Turbidez (NTU)	Cor (PtCo APHA)	Turbidez (NTU)	Cor (PtCo APHA)	Turbidez (NTU)	Cor (PtCo APHA)	pH final
	Coagulante	Floculante								
1	400 ppm	-	5,01	3350	32100	3290	31000	-	-	5,1
2	500 ppm	-	5	1930	21600	1900	20800	-	-	5,17
3	600 ppm	-	4,99	1160	13900	1090	13000	-	-	5,14

Tabela C.2 Resultados do ensaio de coagulação, floculação e flotação com pH e dosagem de coagulante PC 2700 variáveis

Data: 30/05/07				Coagulante: PC 2700				Ensaio: 2		
MISTURA RAPIDA		FLOCULAÇÃO		FLOTAÇÃO				Características da água estudada		
Tmr = 1 min		Tf1 = 10 min / Tf2 = 5 min		Tsat = 10 min		R = 30 %		pH	Turbidez (NTU)	T (°C)
Gmr = 150 s-1		Gf1 = 40 s-1 / Gf2 = 20 s-1		P = 450 kPa				8,65	35300	13,2
				Va = 1,67 cm/min		Va =				
Frasco	Dosagem produto químico		pH corrigido	Turbidez (NTU)	Cor (PtCo APHA)	Turbidez (NTU)	Cor (PtCo APHA)	Turbidez (NTU)	Cor (PtCo APHA)	pH final
	Coagulante	Floculante								
1	400 ppm	-	5,29	46300	40800	-	-	-	-	5,51
2	500 ppm	-	5,31	26800	26700	-	-	-	-	5,55
3	600 ppm	-	5,29	19300	20400	-	-	-	-	5,48

Tabela C.3 Resultados do ensaio de coagulação, floculação e flotação com pH e dosagem de coagulante PC 2700 variáveis

Data: 31/05/07				Coagulante: PC 2700					Ensaio: 3	
MISTURA RAPIDA		FLOCULAÇÃO		FLOTAÇÃO				Características da água estudada		
Tmr = 1 min		Tf1 = 10 min / Tf2 = 5 min		Tsat = 10 min		R = 30 %		pH	Turbidez (NTU)	T (°C)
Gmr = 150 s-1		Gf1 = 40 s-1 / Gf2 = 20 s-1		P = 450 kPa						
								8,66	39900	13,2
				Va = 1,67 cm/min		Va =		Va =		
Frasco	Dosagem produto químico		pH corrigido	Turbidez (NTU)	Cor (PtCo APHA)	Turbidez (NTU)	Cor (PtCo APHA)	Turbidez (NTU)	Cor (PtCo APHA)	pH final
	Coagulante	Floculante								
1	400 ppm	-	4,71	1280	14500	-	-	-	-	4,89
2	500 ppm	-	4,72	569	6900	-	-	-	-	4,9
3	600 ppm	-	4,71	324	4100	-	-	-	-	4,85

Tabela C.4 Resultados do ensaio de coagulação, floculação e flotação com pH e dosagem de coagulante PC 2700 variáveis

Data: 31/05/07				Coagulante: PC 2700				Ensaio: 4		
MISTURA RAPIDA		FLOCULAÇÃO		FLOTAÇÃO				Características da água estudada		
Tmr = 1 min		Tf1 = 10 min / Tf2 = 5 min		Tsat = 10 min		R = 30 %		pH	Turbidez (NTU)	T (°C)
Gmr = 150 s-1		Gf1 = 40 s-1 / Gf2 = 20 s-1		P = 450 kPa				8,52	39900	14,3
				Va = 1,67 cm/min		Va =				
Frasco	Dosagem produto químico		pH corrigido	Turbidez (NTU)	Cor (PtCo APHA)	Turbidez (NTU)	Cor (PtCo APHA)	Turbidez (NTU)	Cor (PtCo APHA)	pH final
	Coagulante	Floculante								
1	400 ppm	-	5,63	32400	70000	-	-	-	-	5,87
2	500 ppm	-	5,62	43700	38000	-	-	-	-	5,83
3	600 ppm	-	5,59	37000	47000	-	-	-	-	5,74

Tabela C.5 Resultados do ensaio de coagulação, floculação e flotação com pH e dosagem de coagulante PC 2700 variáveis

Data: 31/05/07				Coagulante: PC 2700					Ensaio: 5	
MISTURA RAPIDA		FLOCULAÇÃO		FLOTAÇÃO				Características da água estudada		
Tmr = 1 min		Tf1 = 10 min / Tf2 = 5 min		Tsat = 10 min		R = 30 %		pH	Turbidez (NTU)	T (°C)
Gmr = 150 s-1		Gf1 = 40 s-1 / Gf2 = 20 s-1		P = 450 kPa				8,52	39900	16
				Va = 1,67 cm/min		Va =				
Frasco	Dosagem produto químico		pH corrigido	Turbidez (NTU)	Cor (PtCo APHA)	Turbidez (NTU)	Cor (PtCo APHA)	Turbidez (NTU)	Cor (PtCo APHA)	pH final
	Coagulante	Floculante								
1	400 ppm	-	4,5	864	8900	-	-	-	-	4,65
2	500 ppm	-	4,51	557	6300	-	-	-	-	4,65
3	600 ppm	-	4,51	600	7200	-	-	-	-	4,72

Tabela C.6 Resultados do ensaio de coagulação, floculação e flotação com pH e dosagem de coagulante PC 2700 variáveis

Data: 31/05/07				Coagulante: PC 2700					Ensaio: 6	
MISTURA RAPIDA		FLOCULAÇÃO		FLOTAÇÃO				Características da água estudada		
Tmr = 1 min		Tf1 = 10 min / Tf2 = 5 min		Tsat = 10 min		R = 30 %		pH	Turbidez (NTU)	T (°C)
Gmr = 150 s-1		Gf1 = 40 s-1 / Gf2 = 20 s-1		P = 450 kPa				8,53	39900	16
				Va = 1,67 cm/min		Va =				
Frasco	Dosagem produto químico		pH corrigido	Turbidez (NTU)	Cor (PtCo APHA)	Turbidez (NTU)	Cor (PtCo APHA)	Turbidez (NTU)	Cor (PtCo APHA)	pH final
	Coagulante	Floculante								
1	400 ppm	-	4,28	345	4200	-	-	-	-	4,46
2	500 ppm	-	4,28	300	3800	-	-	-	-	4,42
3	600 ppm	-	4,29	368	5200	-	-	-	-	4,4

Tabela C.7 Resultados do ensaio de coagulação, floculação e flotação com pH e dosagem de coagulante PC 2700 variáveis

Data: 31/05/07				Coagulante: PC 2700				Ensaio: 7		
MISTURA RAPIDA		FLOCULAÇÃO		FLOTAÇÃO				Características da água estudada		
Tmr = 1 min		Tf1 = 10 min / Tf2 = 5 min		Tsat = 10 min		R = 30 %		pH	Turbidez (NTU)	T (°C)
Gmr = 150 s-1		Gf1 = 40 s-1 / Gf2 = 20 s-1		P = 450 kPa				8,53	39900	15,2
						Va = 1,67 cm/min				
Frasco	Dosagem produto químico		pH corrigido	Turbidez (NTU)	Cor (PtCo APHA)	Turbidez (NTU)	Cor (PtCo APHA)	Turbidez (NTU)	Cor (PtCo APHA)	pH final
	Coagulante	Floculante								
1	400 ppm	-	4,00	180	2700	-	-	-	-	4,16
2	500 ppm	-	3,98	211	3000	-	-	-	-	4,18
3	600 ppm	-	4,00	106	900	-	-	-	-	4,15

Tabela C.8 Resultados do ensaio de coagulação, floculação e flotação com pH e dosagem de coagulante PC 2700 variáveis

Data: 31/05/07				Coagulante: PC 2700					Ensaio: 8	
MISTURA RAPIDA		FLOCULAÇÃO		FLOTAÇÃO				Características da água estudada		
Tmr = 1 min		Tf1 = 10 min / Tf2 = 5 min		Tsat = 10 min		R = 30 %		pH	Turbidez (NTU)	T (°C)
Gmr = 150 s-1		Gf1 = 40 s-1 / Gf2 = 20 s-1		P = 450 kPa						
								8,54	39900	15
				Va = 1,67 cm/min		Va =		Va =		
Frasco	Dosagem produto químico		pH corrigido	Turbidez (NTU)	Cor (PtCo APHA)	Turbidez (NTU)	Cor (PtCo APHA)	Turbidez (NTU)	Cor (PtCo APHA)	pH final
	Coagulante	Floculante								
1	400 ppm	-	3,69	130	2600	-	-	-	-	3,92
2	500 ppm	-	3,69	124	1200	-	-	-	-	3,89
3	600 ppm	-	3,68	194	3100	-	-	-	-	3,87

Tabela C.9 Resultados do ensaio de coagulação, floculação e flotação com pH e dosagem de coagulante PC 2700 variáveis

Data: 01/06/07				Coagulante: PC 2700					Ensaio: 9		
MISTURA RAPIDA		FLOCULAÇÃO		FLOTAÇÃO				Características da água estudada			
Tmr = 1 min		Tf1 = 10 min / Tf2 = 5 min		Tsat = 10 min		R = 30 %		pH	Turbidez (NTU)	T (°C)	
Gmr = 150 s-1		Gf1 = 40 s-1 / Gf2 = 20 s-1		P = 450 kPa				8,55	39900	15,8	
				Va = 1,67 cm/min		Va =					Va =
Frasco	Dosagem produto químico		pH corrigido	Turbidez (NTU)	Cor (PtCo APHA)	Turbidez (NTU)	Cor (PtCo APHA)	Turbidez (NTU)	Cor (PtCo APHA)	pH final	
	Coagulante	Floculante									
1	400 ppm	-	3,39	144	1300	-	-	-	-	3,92	
2	500 ppm	-	3,40	158	2400	-	-	-	-	3,89	
3	600 ppm	-	3,38	296	2500	-	-	-	-	3,87	

Tabela C.10 Resultados do ensaio de coagulação, floculação e flotação com floculante F11 variável

Data: 01/06/07				Coagulante: PC 2700 / Floculante: F11					Ensaio: 10	
MISTURA RAPIDA		FLOCULAÇÃO		FLOTAÇÃO				Características da água estudada		
Tmr = 1 min		Tf1 = 10 min / Tf2 = 5 min		Tsat = 10 min		R = 30 %		pH	Turbidez (NTU)	T (°C)
Gmr = 150 s-1		Gf1 = 40 s-1 / Gf2 = 20 s-1		P = 450 kPa				8,55	37800	15,2
				Va = 1,67 cm/min		Va =				
Frasco	Dosagem produto químico		pH corrigido	Turbidez (NTU)	Cor (PtCo APHA)	Turbidez (NTU)	Cor (PtCo APHA)	Turbidez (NTU)	Cor (PtCo APHA)	pH final
	Coagulante	Floculante								
1	600 ppm	2 ppm	4,00	181	2800	-	-	-	-	4,27
2	600 ppm	4 ppm	4,01	260	5000	-	-	-	-	4,24
3	600 ppm	5 ppm	4,01	246	3700	-	-	-	-	4,22

Tabela C.11 Resultados do ensaio de coagulação, floculação e flotação com floculante F11 variável

Data: 01/06/07				Coagulante: PC 2700 / Floculante: F11					Ensaio: 11	
MISTURA RAPIDA		FLOCULAÇÃO		FLOTAÇÃO				Características da água estudada		
Tmr = 1 min		Tf1 = 10 min / Tf2 = 5 min		Tsat = 10 min		R = 30 %		pH	Turbidez (NTU)	T (°C)
Gmr = 150 s-1		Gf1 = 40 s-1 / Gf2 = 20 s-1		P = 450 kPa				8,54	37800	15,2
				Va = 1,67 cm/min		Va =				
Frasco	Dosagem produto químico		pH corrigido	Turbidez (NTU)	Cor (PtCo APHA)	Turbidez (NTU)	Cor (PtCo APHA)	Turbidez (NTU)	Cor (PtCo APHA)	pH final
	Coagulante	Floculante								
1	600 ppm	7 ppm	4,02	166	1500	-	-	-	-	4,34
2	600 ppm	9 ppm	3,97	186	1900	-	-	-	-	4,23
3	600 ppm	11 ppm	3,98	196	2100	-	-	-	-	4,21

Tabela C.12 Resultados do ensaio de coagulação, floculação e flotação com floculante não iônico variável

Data: 01/06/07				Coagulante: PC 2700 / Floculante: não iônico					Ensaio: 12	
MISTURA RAPIDA		FLOCULAÇÃO		FLOTAÇÃO				Características da água estudada		
Tmr = 1 min		Tf1 = 10 min / Tf2 = 5 min		Tsat = 10 min		R = 30 %		pH	Turbidez (NTU)	T (°C)
Gmr = 150 s-1		Gf1 = 40 s-1 / Gf2 = 20 s-1		P = 450 kPa				8,55	37800	15,2
				Va = 1,67 cm/min		Va =				
Frasco	Dosagem produto químico		pH corrigido	Turbidez (NTU)	Cor (PtCo APHA)	Turbidez (NTU)	Cor (PtCo APHA)	Turbidez (NTU)	Cor (PtCo APHA)	pH final
	Coagulante	Floculante								
1	600 ppm	2 ppm	3,99	166	1600	-	-	-	-	4,29
2	600 ppm	4 ppm	4,02	226	1600	-	-	-	-	4,29
3	600 ppm	5 ppm	3,98	202	2500	-	-	-	-	4,13

Tabela C.13 Resultados do ensaio de coagulação, floculação e flotação com floculante não iônico variável

Data: 01/06/07				Coagulante: PC 2700 / Floculante: não iônico					Ensaio: 13	
MISTURA RAPIDA		FLOCULAÇÃO		FLOTAÇÃO				Características da água estudada		
Tmr = 1 min		Tf1 = 10 min / Tf2 = 5 min		Tsat = 10 min		R = 30 %		pH	Turbidez (NTU)	T (°C)
Gmr = 150 s-1		Gf1 = 40 s-1 / Gf2 = 20 s-1		P = 450 kPa				8,55	37800	16,2
						Va = 1,67 cm/min				
Frasco	Dosagem produto químico		pH corrigido	Turbidez (NTU)	Cor (PtCo APHA)	Turbidez (NTU)	Cor (PtCo APHA)	Turbidez (NTU)	Cor (PtCo APHA)	pH final
	Coagulante	Floculante								
1	600 ppm	7 ppm	4,00	155	700	-	-	-	-	4,17
2	600 ppm	9 ppm	4,00	215	900	-	-	-	-	4,20
3	600 ppm	11 ppm	3,99	246	600	-	-	-	-	4,15

Tabela C.14 Resultados do ensaio de coagulação, floculação e flotação com floculante CE 1161 variável

Data: 02/06/07				Coagulante: PC 2700 / Floculante: CE 1161					Ensaio: 14	
MISTURA RAPIDA		FLOCULAÇÃO		FLOTAÇÃO				Características da água estudada		
Tmr = 1 min		Tf1 = 10 min / Tf2 = 5 min		Tsat = 10 min		R = 30 %		pH	Turbidez (NTU)	T (°C)
Gmr = 150 s-1		Gf1 = 40 s-1 / Gf2 = 20 s-1		P = 450 kPa						
								8,41	37800	15,2
				Va = 1,67 cm/min		Va =		Va =		
Frasco	Dosagem produto químico		pH corrigido	Turbidez (NTU)	Cor (PtCo APHA)	Turbidez (NTU)	Cor (PtCo APHA)	Turbidez (NTU)	Cor (PtCo APHA)	pH final
	Coagulante	Floculante								
1	600 ppm	2 ppm	4,03	127	1500	-	-	-	-	4,27
2	600 ppm	4 ppm	3,97	163	2200	-	-	-	-	4,22
3	600 ppm	5 ppm	4,01	188	2600	-	-	-	-	4,22

Tabela C.15 Resultados do ensaio de coagulação, floculação e flotação com floculante CE 1161 variável

Data: 02/06/07				Coagulante: PC 2700 / Floculante: CE 1161					Ensaio: 15	
MISTURA RAPIDA		FLOCULAÇÃO		FLOTAÇÃO				Características da água estudada		
Tmr = 1 min		Tf1 = 10 min / Tf2 = 5 min		Tsat = 10 min		R = 30 %		pH	Turbidez (NTU)	T (°C)
Gmr = 150 s-1		Gf1 = 40 s-1 / Gf2 = 20 s-1		P = 450 kPa				8,41	37800	15,2
						Va = 1,67 cm/min				
Frasco	Dosagem produto químico		pH corrigido	Turbidez (NTU)	Cor (PtCo APHA)	Turbidez (NTU)	Cor (PtCo APHA)	Turbidez (NTU)	Cor (PtCo APHA)	pH final
	Coagulante	Floculante								
1	600 ppm	7 ppm	4,00	148	2400	-	-	-	-	4,31
2	600 ppm	9 ppm	4,00	144	2400	-	-	-	-	4,27
3	600 ppm	11 ppm	4,02	270	3500	-	-	-	-	4,25

Tabela C.16 Resultados do ensaio de coagulação, floculação e flotação com razão de recirculação (R) variável

Data: 02/06/07				Coagulante: PC 2700 / Floculante: CE 1161				Ensaio: 16			
MISTURA RAPIDA		FLOCULAÇÃO		FLOTAÇÃO			Características da agua estudada				
Tmr = 1 min		Tf1 = 10 min / Tf2 = 5 min		Tsat = 10 min		R = 30 %	pH	Turbidez (NTU)	T (°C)		
Gmr = 150 s-1		Gf1 = 40 s-1 / Gf2 = 20 s-1		P = 450 kPa			8,54	37800	15		
				Va = 1,67 cm/min		Recirculação				Va =	
Frasco	Dosagem produto quimico		Ph corrigido	Turbidez	Cor					Turbidez	Cor
	Coagulante	Floculante									
1	600 ppm	7 ppm	4,00	180	1800	10%	-	-	4,22		
2	600 ppm	7 ppm	4,00	203	2300	20%	-	-	4,25		
3	600 ppm	7ppm	4,02	141	1700	30%	-	-	4,26		

ANEXO

ANEXO A - FICHAS TÉCNICAS E DE SEGURANÇA DOS COAGULANTES E POLIELETRÓLITOS

GE Infrastructure
Water & Process Technologies

Fact Sheet

BetzDearborn^{*} PE019

Coagulante

Generalidades

BetzDearborn PE019 é um coagulante de baixo peso molecular desenvolvido para clarificação de águas ou efluentes, além de ser efetivo para tratamento de emulsões.

Benefícios

- Conveniente forma líquida.
- Aumenta a eficiência dos decantadores e flutadores.
- Aumenta a campanha dos filtros, reduz a quantidade de água de lavagem.
- forma menor volume de lodo, compacto e com alto teor de sólidos.
- Efetivo em baixas dosagens em águas com baixa turbidez e cor.
- Resistente ao cloro.
- Aumenta a qualidade do efluente.

Descrição Química

BetzDearborn PE019 é formulado com poliamina em meio ácido.

Dosagem e Aplicação

Coagulante = 0,5 - 50 ppm

Auxiliar de filtração = 0,2 - 5 ppm

Rompedor de emulsão = 200 - 600 mg/l

BetzDearborn PE019 é mais efetivo quando adicionado em áreas com fluxo turbulento.

Embalagem

BetzDearborn PE019 é embalado em bombonas de 50, 100 e 200 litros e Containeres Dear-Pak[®].

Segurança e Manuseio

Contém ácido forte. Evite contato com a pele ou olhos. Em caso de contato com a pele imediatamente lave com água. Se o contato for com os olhos lave com bastante água e procure auxílio médico. Use luvas, óculos ou protetor facial. Todo produto químico exige precauções quanto ao manuseio, estocagem e descarte. Recomendamos a leitura atenta da Ficha de Segurança de Produto, assim como o cumprimento das normas ali estabelecidas.



Visite-nos em www.gewater.com
©2005, General Electric Company.
Todos os direitos reservados.

E.U.A.
Trenton, PA
+1-215-395-3390

Argentina
Buenos Aires
+54-11-5777-5200

Brasil
São Paulo
+55-11-2129-1000

Chile
Santiago
+56-2-395-6000

Venezuela
Valencia
+58-241-835-5808

^{*} Todos os produtos mencionados são patentes da General Electric Company e podem estar registrados em um ou mais países.

FW0002PT



GE Infrastructure
Water & Process Technologies

FICHA INFORMATIVA DE SEGURANÇA DE PRODUTOS QUÍMICOS

NOME DO PRODUTO: BETZDEARBORN PE-019
EMITIDO: 07/05/06
ÚLTIMA REVISÃO: 24/12/04

FISPQ Nº: 2554 / 2
PÁGINA: 1/5

1) IDENTIFICAÇÃO DO PRODUTO E DA EMPRESA

NOME DO PRODUTO: BETZDEARBORN PE-019
ÁREA DE APLICAÇÃO: COAGULANTE
ENDEREÇO: Rod. Raposo Tavares, 22901 - GJ. Vianna - Cotia - SP - Brasil - CEP.: 06709-015 -
Tel.: (55)(11) 2139-1000

TELEFONE DE EMERGÊNCIA (ACIDENTE/SAÚDE): 0800 - 14 - 3999

2) COMPOSIÇÃO/ INFORMAÇÃO DOS COMPONENTES

NOME QUÍMICO:	CAS Nº	CONC%	RISCO
POLI SAL INORGÂNICO	-	-	Irritante (olhos e pele);
Os componentes do produto não são considerados carcinogênicos pela National Toxicology Program (NTP) e International Agency for Research on Cancer (IARC), ou pela Occupational Safety and Health Administration (OSHA) e pela Listagem de carcinogênicos da OSHA.			

Este produto químico trata-se de um preparado

3) IDENTIFICAÇÃO DE PERIGOS

PERIGOS MAIS IMPORTANTES:	Pode causar moderada irritação na pele. Irritante severo para os olhos. Névoas / aerossóis causam irritação no trato respiratório superior.
EFEITOS DO PRODUTO:	Nenhuma evidência de efeitos crônicos potenciais.
EFEITOS ADVERSOS DA SAÚDE HUMANA:	Em condições normais de uso não apresenta risco ao meio ambiente.
EFEITOS AMBIENTAIS:	Veja as instruções da seção 10 (ESTABILIDADE E REATIVIDADE).
PERIGOS FÍSICOS QUÍMICOS:	Vide Seção 14.
CLASSIFICAÇÃO DO PRODUTO QUÍMICO:	Em caso de vazamento de embalagens, coloque os equipamentos de segurança indicados na seção 8 desta FISPQ, isole o local e absorva em material inerte disponível. Em situações de incêndio resfrie as embalagens com jato de água em forma de neblina.
VISÃO GERAL DE EMERGÊNCIAS:	Pode causar moderada irritação na pele.
EFEITO AGUDO NA PELE:	Irritante severo para os olhos.
EFEITO AGUDO NOS OLHOS:	Névoas / aerossóis causam irritação no trato respiratório superior.
EFEITO AGUDO NA RESPIRAÇÃO:	Pode causar irritação gastrointestinal.
EFEITO AGUDO NA INGESTÃO:	Não conhecido.
CONDIÇÕES MÉDICAS AGRAVADAS:	

4) MEDIDAS DE PRIMEIROS SOCORROS

INALAÇÃO:	Remova ao ar fresco. Aplique tratamento de pronto socorro apropriado conforme necessário.
CONTATO COM A PELE:	Remova as roupas contaminadas. Lave a área exposta com grande quantidade de solução de sabão ou água por 15 minutos.
CONTATO COM OS OLHOS:	Remova as lentes de contato. Mantenha as pálpebras abertas. Imediatamente lave prontamente os olhos com fluxo de água a baixa pressão por 15 minutos no mínimo. Imediatamente contate assistência médica para tratamento adicional.
INGESTÃO:	Não dê nada por via oral se a vítima estiver inconsciente ou com convulsão. Não induza o vômito. Contate imediatamente um médico. Dilua o conteúdo do estômago usando 3-4 copos de leite ou água.
AÇÕES A SEREM EVITADAS:	Não dê a vítima bebidas quentes, alcoólicas. Não aplique pomadas ou creme na pele afetada. Não remova objetos dos olhos.
PRINCIPAIS SINTOMAS E EFEITOS:	Pode causar vermelhidão ou coceira na pele.
NOTAS AO MÉDICO:	Não há instruções especiais.

5) MEDIDAS DE COMBATE A INCÊNDIO

NOME DO PRODUTO: POLYFLOC CE1161
EMITIDO: 02/06/02
ÚLTIMA REVISÃO: 01/06/04

FISPQ Nº: 4183 / 1
PÁGINA 1/5

1) IDENTIFICAÇÃO DO PRODUTO E DA EMPRESA

NOME DO PRODUTO: POLYFLOC CE1161
ÁREA DE APLICAÇÃO: FLOCULANTE
ENDEREÇO: Rod. Raposo Tavares, 22901 - GJ. Vianna - Cotia - SP - Brasil - CEP.: 06711-030 -
Tel.: (55)(11) 2139-1000

TELEFONE DE EMERGÊNCIA (ACIDENTE/SAÚDE): 0800 - 14 - 3999

2) COMPOSIÇÃO/ INFORMAÇÃO DOS COMPONENTES

Este produto químico trata-se de um preparado			
NOME QUÍMICO:	CAS Nº	CONC%	RISCO
ACRILAMIDA	79-06-1		Tóxico (por ingestão); irritante; provável carcinógeno humano (IARC-2A; NTP= antecp)
NONILFENOXIPOLI(ETILENOXI)ETANOL	9016-45-9		Irritante (olhos e pele);
ÁCIDO DIETILENOTRIAMINA	140-01-2		Irritante (olhos);
PENTAACÉTICO SAL PENTASÓDICO	64742-47-8		Líquido combustível; irritante;
DESTILADO ISOPARAFINICO DE PETRÓLEO	7661-57-4		Irritante (olhos, pele e trato respiratório); pode causar reação alérgica se engolido;

3) IDENTIFICAÇÃO DE PERIGOS

PERIGOS MAIS IMPORTANTES:	Pode causar leve irritação na pele. Pode causar moderada irritação aos olhos. Vapores, gases, névoas ou aerossóis podem causar irritação do trato respiratório superior.
EFEITOS DO PRODUTO:	
EFEITOS ADVERSOS DA SAÚDE HUMANA:	As exposições prolongadas ou repetidas podem causar depressão do SNC e/ou perda de gordura na pele tipo dermatite
EFEITOS AMBIENTAIS:	Em condições normais de uso não apresenta risco ao meio ambiente.
PERIGOS FÍSICOS QUÍMICOS:	Veja as instruções da seção 10 (ESTABILIDADE E REATIVIDADE).
CLASSIFICAÇÃO DO PRODUTO QUÍMICO:	Vide Seção 14.
VISÃO GERAL DE EMERGÊNCIAS:	Em caso de vazamento de embalagens, coloque os equipamentos de segurança indicados na seção 8 desta FISPQ. Isole o local e absorva em material inerte disponível. Em situações de incêndio resfrie as embalagens com jato de água em forma de neblina.
EFEITO AGUDO NA PELE:	Pode causar leve irritação na pele.
EFEITO AGUDO NOS OLHOS:	Pode causar moderada irritação aos olhos.
EFEITO AGUDO NA RESPIRAÇÃO:	Vapores, gases, névoas ou aerossóis podem causar irritação do trato respiratório superior.
EFEITO AGUDO NA INGESTÃO:	Pode causar irritação gastrointestinal com possível náusea, vômito, diarreia, confusão mental, vertigem e letargia. Quantidades pequenas aspiradas durante ingestão ou vômito podem causar dano pulmonar, conduzindo possivelmente a morte.
CONDIÇÕES MÉDICAS AGRAVADAS:	Não conhecido.

4) MEDIDAS DE PRIMEIROS SOCORROS

INALAÇÃO:	Remova ao ar fresco. Se existe dificuldade respiratória, dê oxigênio. Se a respiração parou, aplique respiração artificial. Obtenha atenção médica imediatamente.
CONTATO COM A PELE:	Lave prontamente com água e sabão. Remova as roupas contaminadas. Solicite atenção médica imediatamente.
CONTATO COM OS OLHOS:	Remova as lentes de contato. Mantenha as pálpebras abertas. Imediatamente lave prontamente os olhos com fluxo de água a baixa pressão por 15 minutos no mínimo. Imediatamente contate assistência médica para tratamento adicional.
INGESTÃO:	Não dê nada por via oral se a vítima estiver inconsciente ou com convulsão. Não induza o vômito. Contate imediatamente um médico. Dilua o conteúdo do estômago usando 3-4 copos de leite ou água.
AÇÕES A SEREM EVITADAS:	Não dê a vítima bebidas quentes, alcoólicas. Não aplique pomadas ou creme na pele afetada. Não

GE Infrastructure
Water & Process Technologies

FICHA INFORMATIVA DE SEGURANÇA DE PRODUTOS QUÍMICOS

NOME DO PRODUTO: POLYFLOC CE1161
EMITIDO: 02/06/02
ÚLTIMA REVISÃO: 01/06/04

FISPQ Nº: 4183 / 1
PÁGINA 1/5

1) IDENTIFICAÇÃO DO PRODUTO E DA EMPRESA

NOME DO PRODUTO: POLYFLOC CE1161
ÁREA DE APLICAÇÃO: FLOCULANTE
ENDEREÇO: Rod. Raposo Tavares, 22901 - GJ. Vianna - Cotia - SP - Brasil - CEP.: 06711-030 -
Tel.: (55)(11) 2139-1000

TELEFONE DE EMERGÊNCIA (ACIDENTE/SAÚDE): 0800 - 14 - 3999

2) COMPOSIÇÃO/ INFORMAÇÃO DOS COMPONENTES

Este produto químico trata-se de um preparado			
NOME QUÍMICO:	CAS Nº	CONC%	RISCO
ACRILAMIDA	79-06-1		Tóxico (por ingestão); irritante; provável carcinógeno humano (IARC-2A; NTP- antecp)
NONILFENOXIPOLI(ETILENOXI)ETANOL	9016-45-9		Irritante (olhos e pele);
ÁCIDO DIETILENOTRIAMINA	140-01-2		Irritante (olhos);
PENTAACÉTICO SAL PENTASÓDICO	64742-47-8		Líquido combustível; irritante;
DESTILADO ISOPARAFINICO DE PETRÓLEO	7661-57-4		Irritante (olhos, pele e trato respiratório); pode causar reação alérgica se engolido;

3) IDENTIFICAÇÃO DE PERIGOS

PERIGOS MAIS IMPORTANTES:	Pode causar leve irritação na pele. Pode causar moderada irritação aos olhos. Vapores, gases, névoas ou aerossóis podem causar irritação do trato respiratório superior.
EFEITOS DO PRODUTO:	
EFEITOS ADVERSOS DA SAÚDE HUMANA:	As exposições prolongadas ou repetidas podem causar depressão do SNC e/ou perda de gordura na pele tipo dermatite
EFEITOS AMBIENTAIS:	Em condições normais de uso não apresenta risco ao meio ambiente.
PERIGOS FÍSICOS QUÍMICOS:	Veja as instruções da seção 10 (ESTABILIDADE E REATIVIDADE).
CLASSIFICAÇÃO DO PRODUTO QUÍMICO:	Vide Seção 14.
VISÃO GERAL DE EMERGÊNCIAS:	Em caso de vazamento de embalagens, coloque os equipamentos de segurança indicados na seção 8 desta FISPQ. Isole o local e absorva em material inerte disponível. Em situações de incêndio resfrie as embalagens com jato de água em forma de neblina.
EFEITO AGUDO NA PELE:	Pode causar leve irritação na pele.
EFEITO AGUDO NOS OLHOS:	Pode causar moderada irritação aos olhos.
EFEITO AGUDO NA RESPIRAÇÃO:	Vapores, gases, névoas ou aerossóis podem causar irritação do trato respiratório superior.
EFEITO AGUDO NA INGESTÃO:	Pode causar irritação gastrointestinal com possível náusea, vômito, diarreia, confusão mental, vertigem e letargia. Quantidades pequenas aspiradas durante ingestão ou vômito podem causar dano pulmonar, conduzindo possivelmente a morte.
CONDIÇÕES MÉDICAS AGRAVADAS:	Não conhecido.

4) MEDIDAS DE PRIMEIROS SOCORROS

INALAÇÃO:	Remova ao ar fresco. Se existe dificuldade respiratória, dê oxigênio. Se a respiração parou, aplique respiração artificial. Obtenha atenção médica imediatamente.
CONTATO COM A PELE:	Lave prontamente com água e sabão. Remova as roupas contaminadas. Solicite atenção médica imediatamente.
CONTATO COM OS OLHOS:	Remova as lentes de contato. Mantenha as pálpebras abertas. Imediatamente lave prontamente os olhos com fluxo de água a baixa pressão por 15 minutos no mínimo. Imediatamente contate assistência médica para tratamento adicional.
INGESTÃO:	Não dê nada por via oral se a vítima estiver inconsciente ou com convulsão. Não induza o vômito. Contate imediatamente um médico. Dilua o conteúdo do estômago usando 3-4 copos de leite ou água.
AÇÕES A SEREM EVITADAS:	Não dê a vítima bebidas quentes, alcoólicas. Não aplique pomadas ou creme na pele afetada. Não


GE Betz

Product Facts

Polyfloc™ CE1161

Agente de Desague de Lodo e Floculante

GENERALIDADES

Aumenta a eficiência das operações de desague de lodo.

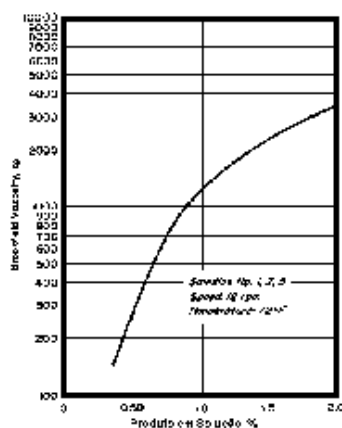
Melhora as operações de remoção de sólidos suspensos.

Emulsão fácil de alimentar.

Melhora a qualidade do efluente.

DESCRIÇÃO E USOS

O Polyfloc CE1161 é um polímero catiônico em emulsão de peso molecular muito elevado. Esse polímero tem um desempenho excelente como agente de desague do lodo ou auxiliar da decantação da água. Foi formulado para funcionar num programa de tratamento da GE Betz para melhorar o desempenho das operações de redução de volume do lodo, afluente e efluente.



Viscosidade Vs. % de Concentração do Produto Polyfloc CE1161

APLICAÇÕES TÍPICAS

O Polyfloc CE1161 é muito eficaz em operações de desague de lodo, especialmente em lodo de fábrica de papel. Os benefícios incluem uma captura mais elevada de sólidos, torta mais seca e efluente mais limpo.

O uso do Polyfloc CE1161 como um auxiliar de sedimentação em sistemas de espessamento ou decantação de águas efluentes e afluentes, resulta em diminuição de sólidos suspensos no efluente. Forma-se um grande aglomerado de mais rápida sedimentação, produzindo efluentes de melhor qualidade. O Polyfloc CE1161 é especialmente indicado para remoção de sólidos primários e desague de lodo na indústria de papel.

O Polyfloc CE1161 pode ser usado sozinho ou com outros produtos da GE Betz para melhorar a separação de óleo, água e sólidos suspensos nos tratamentos de efluentes oleosos de indústrias automotivas, siderúrgicas e refinarias.

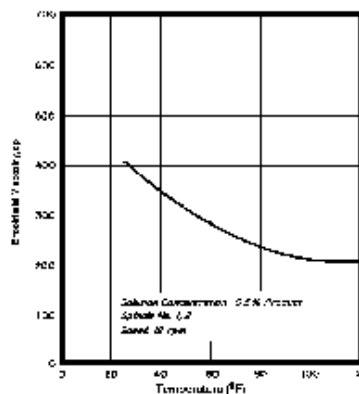


Figura 2. 5% Polyfloc CE1161 Viscosidade Vs. Temperatura

Site www.gebetz.com

WWT - 11/2002

©2002, GE Betz - Todos os direitos reservados.


GE Betz

Product Facts

BetzDearborn™ F11

Floculante

GENERALIDADES

BetzDearborn F11 é um polieletrólito aniônico, usado nas mais diversas áreas.

É empregado quando se quer uma separação líquido-sólido, tanto numa clarificação de água como num tratamento de efluentes e processos industriais. Este polímero, altamente versátil, é efetivo em uma larga faixa de pH.

COMPOSIÇÃO BÁSICA

BetzDearborn F11 é uma poliacrilamida aniônica de alto peso molecular.

DOSAGEM E APLICAÇÃO

BetzDearborn F11 é altamente efetivo como auxiliar de coagulação em baixas dosagens na clarificação de água bruta.

O alto peso molecular deste produto absorve os microflocos ao longo do polímero, produzindo flocos pesados de rápida sedimentação. Com isso reduz-se a fluência de microflocos para os filtros e aumentará o tempo útil do filtro.

Esses benefícios são acompanhados de uma redução no custo do tratamento químico.

BetzDearborn F11 tem sido usado em vários processos industriais onde rápida e completa separação de líquido-sólido é desejada. Dentre esses processos podemos citar: fábrica de pigmentos, detergentes, em beneficiamento de mineral e aplicações em efluentes.

BetzDearborn F11 é recomendado na faixa de 0,10 a 1,0 ppm dependendo das condições de operações.

A temperatura e o sólido suspenso contido nas águas apresentam algum efeito nas dosagens desejadas.

Preparam-se soluções-estoque a 1% em água fria de boa qualidade. Não se recomenda usar água quente para dissolver o produto. Agita-se com alta velocidade por 30 minutos para dissolução.

Para se obter ótimos resultados, devemos usar na alimentação a solução-estoque diluída a 0,5% ou menos.

EMBALAGEM

BetzDearborn F11 é embalado em barrica de 25Kg.

SEGURANÇA E MANUSEIO

Todo produto químico exige precauções quanto ao manuseio, estocagem e descarte. Recomendamos a leitura atenta da Ficha de Segurança de Produto, assim como o cumprimento das normas ali estabelecidas.

Site www.gebetz.com

WWT - 11/2002 ©2002, GE Betz - Todos os direitos reservados.



GE Infrastructure
Water & Process Technologies

FICHA INFORMATIVA DE SEGURANÇA DE PRODUTOS QUÍMICOS

NOME DO PRODUTO:	BETZDEARBORN F11	FISQ Nº:	5233 / 2
EMITIDO:	06/05/06	PÁGINA	1/5
ÚLTIMA REVISÃO	23/12/04		

1) IDENTIFICAÇÃO DO PRODUTO E DA EMPRESA

NOME DO PRODUTO: BETZDEARBORN F11
 ÁREA DE APLICAÇÃO: CONTROLE DE DEPÓSITOS
 ENDEREÇO: Rod. Raposo Tavares, 22901 - GJ. Vianna - Cotia - SP - Brasil - CEP.: 06709-015 -
 Tel.: (55)(11) 2139-1000

TELEFONE DE EMERGÊNCIA (ACIDENTE/SAÚDE): 0800 - 14 - 3999

2) COMPOSIÇÃO/ INFORMAÇÃO DOS COMPONENTES

Este produto químico trata-se de um preparado			
<u>NOME QUÍMICO:</u>	<u>CAS Nº</u>	<u>CONC%</u>	<u>RISCO</u>
ALQUENILO AMIDA	-		Tóxico (por ingestão); irritante; provável carcinógeno humano (IARC=2A; NTP= antecip

3) IDENTIFICAÇÃO DE PERIGOS

PERIGOS MAIS IMPORTANTES:	Pode causar moderada irritação na pele. Pode causar moderada irritação aos olhos. Pó podem causar irritação do trato respiratório superior.
EFEITOS DO PRODUTO:	Nenhuma evidência de efeitos crônicos potenciais.
EFEITOS ADVERSOS DA SAÚDE HUMANA:	Em condições normais de uso não apresenta risco ao meio ambiente.
EFEITOS AMBIENTAIS:	Veja as instruções da seção 10 (ESTABILIDADE E REATIVIDADE).
PERIGOS FÍSICOS QUÍMICOS:	Vide Seção 14.
CLASSIFICAÇÃO DO PRODUTO QUÍMICO:	Em caso de vazamento de embalagens, coloque os equipamentos de segurança indicados na seção 8 desta FISQ, isole o local e absorva em material inerte disponível. Em situações de incêndio resfrie as embalagens com jato de água em forma de neblina.
VISÃO GERAL DE EMERGÊNCIAS:	Pode causar moderada irritação na pele. Pode causar moderada irritação aos olhos. Pó podem causar irritação do trato respiratório superior.
EFEITO AGUDO NA PELE:	Pode causar irritação gastrointestinal com possível náusea, vômitos, desconforto abdominal e diarreia.
EFEITO AGUDO NOS OLHOS:	Não conhecido.
EFEITO AGUDO NA RESPIRAÇÃO:	
EFEITO AGUDO NA INGESTÃO:	
CONDIÇÕES MÉDICAS AGRAVADAS:	

4) MEDIDAS DE PRIMEIROS SOCORROS

INALAÇÃO:	Se desenvolver-se irritação nasal, de garganta ou de pulmão, remova a vítima para o ar fresco e obtenha atenção médica.
CONTATO COM A PELE:	Lave prontamente com água e sabão. Remova as roupas contaminadas. Prontamente lave as roupas contaminadas antes de usar. Solicite atenção médica se desenvolver ou persistir alguma irritação.
CONTATO COM OS OLHOS:	Remova as lentes de contato. Mantenha as pálpebras abertas. Imediatamente lave prontamente os olhos com fluxo de água a baixa pressão por 15 minutos no mínimo. Imediatamente contate assistência médica para tratamento adicional.
INGESTÃO:	Não dê nada por via oral se a vítima estiver inconsciente ou com convulsão. Não induza o vômito. Contate imediatamente um médico. Dilua o conteúdo do estômago usando 3-4 copos de leite ou água.
AÇÕES A SEREM EVITADAS:	Não dê a vítima bebidas quentes, alcoólicas. Não aplique pomadas ou creme na pele afetada. Não remova objetos dos olhos.
PRINCIPAIS SINTOMAS E EFEITOS:	Pode causar irritação dos olhos, pele, ou da vias respiratória.
NOTAS AO MÉDICO:	Não há instruções especiais.

5) MEDIDAS DE COMBATE A INCÊNDIO

MEIOS DE EXTINÇÃO APROPRIADOS:	Pó químico seco, Dióxido de Carbono, espuma ou água.
MEIOS DE EXTINÇÃO NÃO APROPRIADOS:	Não há.
PERIGOS ESPECÍFICOS:	Não há.
MÉTODOS ESPECIAIS:	Não há.



GE Infrastructure
Water & Process Technologies

FICHA INFORMATIVA DE SEGURANÇA DE PRODUTOS QUÍMICOS

NOME DO PRODUTO: KLARAID IC1176L
EMITIDO: 07/05/06
ÚLTIMA REVISÃO: 05/01/06

FISQ Nº: 2754 / 2
PÁGINA: 1/5

1) IDENTIFICAÇÃO DO PRODUTO E DA EMPRESA

NOME DO PRODUTO: KLARAID IC1176L
ÁREA DE APLICAÇÃO: ADITIVO PARA TRATAMENTO DE RESÍDUOS
ENDEREÇO: Rod. Raposo Tavares, 22901 - GJ. Vianna - Cotia - SP - Brasil - CEP.: 06709-015 -
Tel.: (55)(11) 2139-1000

TELEFONE DE EMERGÊNCIA (ACIDENTE/SAÚDE): 0800 - 14 - 3999

2) COMPOSIÇÃO/ INFORMAÇÃO DOS COMPONENTES

NOME QUÍMICO:	CAS Nº	CONC%	RISCO
POLI SAL INORGÂNICO	-	-	Irritante (olhos e pele);
Os componentes do produto não são considerados carcinogênicos pela National Toxicology Program (NTP) e International Agency for Research on Cancer (IARC), ou pela Occupational Safety and Health Administration (OSHA) e pela Listagem de carcinogênicos da OSHA.			

Este produto químico trata-se de um preparado

3) IDENTIFICAÇÃO DE PERIGOS

PERIGOS MAIS IMPORTANTES:	Pode causar moderada irritação na pele. Irritante severo para os olhos. Névoas / aerossóis causam irritação no trato respiratório superior.
EFEITOS DO PRODUTO:	Nenhuma evidência de efeitos crônicos potenciais.
EFEITOS ADVERSOS DA SAÚDE HUMANA:	Em condições normais de uso não apresenta risco ao meio ambiente.
EFEITOS AMBIENTAIS:	Veja as instruções da seção 10 (ESTABILIDADE E REATIVIDADE).
PERIGOS FÍSICOS QUÍMICOS:	Vide Seção 14.
CLASSIFICAÇÃO DO PRODUTO QUÍMICO:	Em caso de vazamento de embalagens, coloque os equipamentos de segurança indicados na seção 8 desta FISQ, isole o local e absorva em material inerte disponível. Em situações de incêndio resfrie as embalagens com jato de água em forma de neblina.
VISÃO GERAL DE EMERGÊNCIAS:	Pode causar moderada irritação na pele.
EFEITO AGUDO NA PELE:	Irritante severo para os olhos.
EFEITO AGUDO NOS OLHOS:	Névoas / aerossóis causam irritação no trato respiratório superior.
EFEITO AGUDO NA RESPIRAÇÃO:	Pode causar irritação gastrointestinal.
EFEITO AGUDO NA INGESTÃO:	Não conhecido.
CONDIÇÕES MÉDICAS AGRAVADAS:	

4) MEDIDAS DE PRIMEIROS SOCORROS

INALAÇÃO:	Se desenvolver-se irritação nasal, de garganta ou de pulmão, remova a vítima para o ar fresco e obtenha atenção médica.
CONTATO COM A PELE:	Lave prontamente com água e sabão. Remova as roupas contaminadas. Prontamente lave as roupas contaminadas antes de usar. Solicite atenção médica se desenvolver ou persistir alguma irritação.
CONTATO COM OS OLHOS:	Remova as lentes de contato. Mantenha as pálpebras abertas. Imediatamente lave prontamente os olhos com fluxo de água a baixa pressão por 15 minutos no mínimo. Imediatamente contate assistência médica para tratamento adicional.
INGESTÃO:	Não dê nada por via oral se a vítima estiver inconsciente ou com convulsão. Não induza o vômito. Contate imediatamente um médico. Dilua o conteúdo do estômago usando 3-4 copos de leite ou água.
AÇÕES A SEREM EVITADAS:	Não dê a vítima bebidas quentes, alcoólicas. Não aplique pomadas ou creme na pele afetada. Não remova objetos dos olhos.
PRINCIPAIS SINTOMAS E EFEITOS:	Pode causar vermelhidão ou coceira na pele.
NOTAS AO MÉDICO:	Não há instruções especiais.

5) MEDIDAS DE COMBATE A INCÊNDIO

GE Infrastructure
Water & Process Technologies

Fact Sheet

KlarAid^{*} IC1176L

Coagulante

Generalidades

KlarAid IC1176L é um coagulante desenvolvido para ser usado em tratamento de águas industriais.

- Forma líquida.
- Efetivo em ampla faixa de pH (pH de 6 a 9) reduzindo ou eliminando ajustes.
- Propicia flocos mais rígidos e pesados aumentando a velocidade de decantação.
- Formação de menor volume de lama.
- Descrição Química
- KlarAid IC1176L é um coagulante catiônico de baixo peso molecular.

Dosagem e Aplicação

As dosagens indicadas variam conforme a aplicação em separação sólidos-líquidos, para clarificação ou espessadores usam-se de 10 a 50 ppm.
Em efluentes finais indicam-se dosagens de 100 a 300 ppm.

Na separação de sólidos-líquidos recomenda-se a dosagem de 200-500 ppm.

Obs.: As dosagens acima são meramente orientativas, as corretas dosagens deverão ser ajustadas em testes de campo.

KlarAid IC1176L pode ser alimentado ao sistema concentrado.

Recomenda-se o emprego de equipamento de dosagem contínua.

Embalagem

KlarAid IC1176L é fornecido em bombonas plásticas de 100 litros, em containeres Dear-Pak ou a granel.

Segurança e Manuseio

Todo produto químico exige precauções quanto ao manuseio, estocagem e descarte. Recomendamos a leitura atenta da Ficha de Segurança de Produto, assim como o cumprimento das normas ali estabelecidas.



Visite-nos em www.gewater.com
©2005, General Electric Company.
Todos os direitos reservados.

E.U.A.
Trenton, PA
+1-215-255-3300

Argentina
Buenos Aires
+54-11-5777-5200

Brasil
São Paulo
+55-11-2129-1000

Chile
Santiago
+56-2-596-6000

Venezuela
Valencia
+58-241-938-5808

* Todos os produtos mencionados são patentes da General Electric Company e podem estar registrados em um ou mais países.

FW0002PT



GE Infrastructure
Water & Process Technologies

FICHA INFORMATIVA DE SEGURANÇA DE PRODUTOS QUÍMICOS

NOME DO PRODUTO: KLARAID PC2700
EMITIDO: 07/05/06
ÚLTIMA REVISÃO: 23/12/04

FISPQ Nº: 1523 / 2
PÁGINA: 1/5

1) IDENTIFICAÇÃO DO PRODUTO E DA EMPRESA

NOME DO PRODUTO: KLARAID PC2700
ÁREA DE APLICAÇÃO: COAGULANTE
ENDEREÇO: Rod. Raposo Tavares, 22901 - GJ. Vianna - Cotia - SP - Brasil - CEP.: 06709-015 -
Tel.: (55)(11) 2139-1000

TELEFONE DE EMERGÊNCIA (ACIDENTE/SAÚDE): 0800 - 14 - 3999

2) COMPOSIÇÃO/ INFORMAÇÃO DOS COMPONENTES

NOME QUÍMICO:	CAS Nº	CONC%	RISCO
ALDEÍDO ORGÂNICO	-		Altamente tóxico (por inalação); tóxico (por ingestão e absorção da pele); irritante (olhos, pele e trato respiratório); sensibilizador (da pele e trato respiratório); provável carcinógeno humano (IARC-2A); NTP= antecip
CLORIDRATO DE ÁLCOOL AMINO	-		Corrosivo; pode causar toxicidade ao fígado e rins

3) IDENTIFICAÇÃO DE PERIGOS

PERIGOS MAIS IMPORTANTES:	Pode causar moderada irritação na pele. Irritante severo para os olhos. Névoas / aerossóis podem causar irritação do trato respiratório superior.
EFEITOS DO PRODUTO: EFEITOS ADVERSOS DA SAÚDE HUMANA:	As exposições prolongadas ou repetidas podem causar aumento do risco de câncer e/ou toxicidade ao fígado e rins.
EFEITOS AMBIENTAIS: PERIGOS FÍSICOS QUÍMICOS: CLASSIFICAÇÃO DO PRODUTO QUÍMICO: VISÃO GERAL DE EMERGÊNCIAS:	Em condições normais de uso não apresenta risco ao meio ambiente. Veja as instruções da seção 10 (ESTABILIDADE E REATIVIDADE). Vide Seção 14. Em caso de vazamento de embalagens, coloque os equipamentos de segurança indicados na seção 8 desta FISPQ, isole o local e absorva em material inerte disponível. Em situações de incêndio resfrie as embalagens com jato de água em forma de neblina. Pode causar moderada irritação na pele.
EFEITO AGUDO NA PELE:	Irritante severo para os olhos.
EFEITO AGUDO NOS OLHOS:	Névoas / aerossóis podem causar irritação do trato respiratório superior.
EFEITO AGUDO NA RESPIRAÇÃO:	Pode causar irritação gastrointestinal.
EFEITO AGUDO NA INGESTÃO:	Não conhecido.
CONDIÇÕES MÉDICAS AGRAVADAS:	

4) MEDIDAS DE PRIMEIROS SOCORROS

INALAÇÃO:	Se desenvolver-se irritação nasal, de garganta ou de pulmão, remova a vítima para o ar fresco e obtenha atenção médica.
CONTATO COM A PELE:	Lave prontamente com água e sabão. Remova as roupas contaminadas. Prontamente lave as roupas contaminadas antes de usar. Solicite atenção médica se desenvolver ou persistir alguma irritação.
CONTATO COM OS OLHOS:	Remova as lentes de contato. Mantenha as pálpebras abertas. Imediatamente lave prontamente os olhos com fluxo de água a baixa pressão por 15 minutos no mínimo. Imediatamente contate assistência médica para tratamento adicional.
INGESTÃO:	Não dê nada por via oral se a vítima estiver inconsciente ou com convulsão. Não induza o vômito. Contate imediatamente um médico. Dilua o conteúdo do estômago usando 3-4 copos de leite ou água.
AÇÕES A SEREM EVITADAS:	Não dê a vítima bebidas quentes, alcoólicas. Não aplique pomadas ou creme na pele afetada. Não remova objetos dos olhos.
PRINCIPAIS SINTOMAS E EFEITOS:	Pode causar vermelhidão ou coceira na pele.
NOTAS AO MÉDICO:	Não há instruções especiais.

5) MEDIDAS DE COMBATE A INCÊNDIO

MEIOS DE EXTINÇÃO APROPRIADOS:	Espuma, dióxido de carbono, pó químico seco.
--------------------------------	--


GE Betz

Product Facts

Klaraid™ PC2700

Coagulante

GENERALIDADES

Klaraid PC2700 é um coagulante catiônico líquido, com características de um auto-floculante. Pode ser utilizado em substituição aos tradicionais coagulantes primários, como os sais à base de alumínio e também cloreto férrico, em clarificação primária de água com baixa turbidez e elevados níveis de cor. Klaraid PC2700 atua também efetivamente como rompedor de emulsões óleo em água.

Indicações:

Clarificação de águas superficiais;

Tratamento de efluentes oleosos;

Auxiliar de drenagem de lodo;

Tratamento de efluentes de processos papaleiros;

Tratamento de efluentes de indústrias alimentícias;

Tratamento de efluentes industriais diversos;

DOSAGEM E APLICAÇÃO

As faixas comuns de uso do Klaraid PC2700 são:

Coagulante primário = 3-20 ppm

Auxiliar de coagulação = 0,5 - 5,0 ppm

Drenagem de lodo = 20-150 ppm

Efluentes oleosos = 10-100 ppm

Testes específicos poderão ser necessários, a depender dos níveis e tipos de contaminantes existentes. O Engenheiro GE Betz está capacitado a orientar testes e pontos de aplicação.

Preparar solução do produto, em água fria, numa concentração de 1% a 5%, adicionando-a ao sistema com auxílio de equipamento dosador resistente a corrosão. Melhores resultados serão obtidos com a dosagem em pontos de grande agitação.

SEGURANÇA E MANUSEIO

Manter Klaraid PC2700 em local seco e ventilado, protegido de raios solares. Utilizar recipientes intermediários de aplicação, quando necessário, que sejam construídos em material plástico ou revestidos com pintura epoxi. Não utilizar recipientes em alumínio, cobre ou ferro.

Devido a sua característica ácida, evitar contato do Klaraid PC2700 com pele e olhos. Informações mais detalhadas do produto encontram-se na Ficha Informativa de Segurança, que deve circular a todos que irão manusear o produto.

Site www.gebetz.com

WWT - 11/2002

©2002, GE Betz – Todos os direitos reservados.