

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE ALAGOAS
UNIDADE ACADÊMICA CENTRO DE TECNOLOGIA
CURSO DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA QUÍMICA
MESTRADO**

**TRATAMENTO DE EFLUENTES DE INDÚSTRIA
DE BENEFICIAMENTO DE COCO**

SANDRA RODRIGUES DA SILVA

Dissertação apresentada à Universidade Federal de Alagoas
para obtenção do grau de mestre



**UNIVERSIDADE FEDERAL DE ALAGOAS
UNIDADE ACADÊMICA CENTRO DE TECNOLOGIA**

**TRATAMENTO DE EFLUENTES DE INDÚSTRIA
DE BENEFICIAMENTO DE COCO**

SANDRA RODRIGUES DA SILVA

DISSERTAÇÃO APRESENTADA AO CURSO
DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA
QUÍMICA PARA OBTENÇÃO DO TÍTULO DE
MESTRE EM ENGENHARIA QUÍMICA.

ORIENTADORA: PROF^a DR^a SANDRA HELENA VIEIRA DE CARVALHO

MACEIÓ – AL 2009

Catálogo na fonte
Universidade Federal de Alagoas
Biblioteca Central
Divisão de Tratamento Técnico
Bibliotecária: Betânia Almeida dos Santos

S586t Silva, Sandra Rodrigues da.
Tratamento de efluentes de indústria de beneficiamento de coco / Sandra Rodrigues da Silva, Maceió – 2009.
79 f. : il.

Orientadora: Sandra Helena Vieira de Carvalho.
Dissertação (Mestrado em Engenharia Química) – Universidade Federal de Alagoas, Programa de Pós-Graduação em Engenharia Química, 2009.

Bibliografia: f. 46-49.
Anexos: f. 50-79.

1. Efluentes industriais – Tratamento. 2. Água – Purificação – Flotação por ar dissolvido. 3. Água – Purificação - Coagulação. 4. Água – Purificação - Filtração. 5. Coco – Indústria. I. Título.

CDU: 66.066

**TRATAMENTO DE EFLUENTES DE INDÚSTRIA
DE BENEFICIAMENTO DE COCO**

Membros da Comissão Julgadora da Dissertação de Mestrado de **SANDRA RODRIGUES DA SILVA** Ao Centro de Tecnologia, da Universidade Federal de Alagoas, em 22 de Julho de 2009.

Profa. Dra. Sandra Helena Vieira de Carvalho
Orientadora – UFAL

Prof. Dr. João Inácio Soletti
Co-orientador – UFAL

Profa. Dra. Carmem Lúcia P.S. Zanta – UFAL

Prof. Dr. Antônio Martins de Oliveira Júnior – UFSE

AGRADECIMENTOS

Ao Ser Supremo, Deus, pela luz sempre presente em meus caminhos;

A Professora Sandra Helena, pelo apoio e orientação;

Ao Professor João Inácio pelo apoio e disposição presente em todas as etapas deste trabalho;

A Alana pela contribuição dedicada e cuidadosa no desenvolvimento da parte prática deste trabalho;

As companheiras Gisele e a Jaqueline, e ao Roberto pelo apoio e amizade;

A Emanuelle de Lira pela amizade e doação de reagentes;

Aos professores, e em especial a técnica Flor, do Laboratório de Saneamento Ambiental pela estrutura e equipamentos disponibilizados;

A todos que fazem ou fizeram parte da família LASSOP, em especial, Diogo, Leandro, Liliane, Ramiro e Wagner pelas contribuições e pelo ambiente de amizade;

Ao meu esposo, Anselmo, pela paciência, companheirismo e amor incondicional;

Aos meus pais, Josefa e Sebastião, as minhas irmãs e sobrinhos pela constante motivação;

Agradeço também a FAPEAL e ao CNPq pelo apoio financeiro.

RESUMO

A indústria alimentícia é um setor que tem destaque mundial. A cada dia, aumentam as necessidades da população e com elas a quantidade de efluentes que precisam de tratamento para lançamento no meio ambiente. Para isso, novas tecnologias têm sido estudadas com a finalidade de enquadrar os resíduos líquidos aos padrões das exigências da legislação, de forma mais eficiente e econômica. Na indústria do coco, os resíduos sólidos gerados são reaproveitados como combustível na própria indústria, e seus resíduos líquidos são, na sua maioria, oriundos do processo de industrialização e águas de lavagem, ricos em sólidos em suspensão, óleos e gorduras. Este trabalho teve como objetivo comparar o desempenho da flotação por ar induzido e da filtração após a coagulação do efluente da indústria de processamento de coco. Para tal, utilizou-se um efluente sintético constituído de água e leite de coco a 1 % v/v e estudou-se o agente coagulante e as condições de floculação. Os coagulantes estudados foram: sulfato de alumínio; policloreto de alumínio; sulfato férrico; e cloreto férrico. O desempenho dos processos foi avaliado através de análises de Demanda Química de Oxigênio (DQO) e Teor de Óleos e Graxas (TOG), uma vez que tais parâmetros apresentam valores limites na legislação Federal e Estadual para descarte de efluentes nos corpos receptores. O coagulante que apresentou melhor desempenho na clarificação do efluente foi o sulfato férrico. A filtração foi mais eficiente que a flotação por ar induzido no tratamento do efluente sintético da indústria de processamento de coco. Os testes de filtração que apresentaram melhores resultados em relação à redução de DQO foram os realizados com maior faixa granulométrica da areia (1,00 – 0,84 mm) e com relação à redução de TOG, os realizados com a areia com menor faixa granulométrica (0,59 – 0,42 mm).

Palavras-chave: Tratamento de efluentes. Coagulação. Flotação. Filtração.

ABSTRACT

The food industry is a sector that has worldwide prominence. Each day, increase the population's needs and with them the amount of wastewater needing treatment for release into the environment. For this, new technologies have been studied with the purpose to keep the liquid waste to the standards of the requirements of the legislation, of more efficient and economic form. In the coconut industry, the solid waste generated is reused as fuel for the industry itself, and its liquid waste are mostly derived from the industrialization process and rinse water, rich in suspended solids, oils and fats. This study aimed to compare the performance of the induced air flotation and filtration after coagulation of effluent processing of coconut. To this end, we used a synthetic effluent consisting of water and coconut milk to 1% v/v and studied the coagulant and the conditions of flocculation. The coagulants were studied: aluminum sulfate, aluminum polychloride, ferric sulphate, and ferric chloride. The process performance was evaluated through analysis of Chemical Oxygen Demand (COD) and Content Oils and Grease (COG), since these parameters have limits on federal and state legislation for disposal of effluent in receiving waters. The coagulant that the best performance in the clarification of the effluent was the ferric sulphate. The filtration was more efficient than the induced air flotation treatment of the synthetic industrial processing of coconut. The filtration tests that showed better results regarding the reduction of COD were achieved with greater range of particle size of sand (1.00-0.84 mm) and in the reduction of TOG, tests with the sand with a lower range of particle size (0.59-0.42 mm) .

Key word: Treatment of effluent. Coagulation. Flotation. Filtration.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Corte esquemático de um coco maduro.....	4
Figura 2. Potencialidades agroindustriais do coco.	6
Figura 3. Fluxograma geral de processamento de coco seco (1ª fase)	7
Figura 4. Velocidade de ascensão da bolha em relação ao diâmetro equivalente da bolha	15
Figura 5. FlocControl II.....	21
Figura 6. Esquema da unidade piloto de flotação.	23
Figura 7. Flotador	23
Figura 8. Esquema da unidade piloto de filtração.	25
Figura 9. Filtro e rotâmetro	26
Figura 10. Preparação do efluente	27
Figura 11. Transferência do efluente após coagulação.....	28
Figura 12. Lama retida no tanque de coagulação	28
Figura 13. Variação da turbidez em função da dosagem de coagulante.....	31
Figura 14. Resultado da coagulação após cinco minutos de repouso.	33
Figura 15. Resultados de DQO na 1ª bateria dos experimentos de filtração ...	37
Figura 16. Resultado de TOG na 1ª bateria de experimentos de filtração	39
Figura 17. Resultado de DQO na 2ª bateria de experimentos de filtração.....	40

Figura 18. Resultados de TOG (ppm) na 2ª bateria de experimentos de filtração
..... 42

Figura 19. Turbidez na 2ª fase dos experimentos de filtração..... 43

LISTA DE TABELAS

Tabela 1. Produtos químicos utilizados na coagulação de efluentes	11
Tabela 2. Valores nutricionais	21
Tabela 3. Características da areia.....	26
Tabela 4. Resultados de turbidez nos ensaios de <i>Jar Test</i>	31
Tabela 5. Resultados das análises de DQO e TOG	32
Tabela 6. Resultados de DQO e TOG nas duas configurações do flotador	34
Tabela 7. Resultados de DQO (ppm) na 1ª bateria de experimentos de filtração	36
Tabela 8. Resultados de TOG (ppm) na 1ª bateria de experimentos de filtração	38
Tabela 9. Resultados de DQO (ppm) na 2ª bateria de experimentos de filtração	40
Tabela 10. Resultados de TOG (ppm) na 2ª bateria de experimentos de filtração.....	41
Tabela 11. Resultados de turbidez (NTU) na 2ª bateria de experimentos de filtração.....	42

NOMENCLATURA

DQO – Demanda Química de Oxigênio

TOG – Total de Óleos e Graxas

COT – Carbono Orgânico Total

CONAMA – Conselho Nacional do Meio Ambiente

IMA – Instituto do Meio Ambiente

DBO – Demanda Bioquímica de Oxigênio

FAD – Flotação por Ar Dissolvido

FAI – Flotação por ar induzido

NBR – Norma Brasileira

LSA – Laboratório de Saneamento Ambiental

NPT – Núcleo de Pesquisas Tecnológicas

LASSOP – Laboratório de Sistemas de Separação e Otimização de Processos

NTU – Unidade de Turbidez Nefelométrica

G/s – Gradiente de velocidade por segundo

A - alimentação

S - saída

P - pressão

V - vazão

t - tempo

R - remoção

SUMÁRIO

1	Introdução	1
2	Revisão bibliográfica	3
2.1	A indústria do coco.....	3
2.2	Métodos de tratamento	8
2.3	Coagulação.....	10
2.4	Flotação	14
2.5	Filtração	17
3	Metodologia.....	20
3.1	Estudo de Coagulantes.....	21
3.2	Testes de Flotação.....	22
3.3	Testes de filtração.....	25
3.4	Métodos Analíticos.....	29
4	Resultados e Discussões.....	30
4.1	Discussão do estudo de coagulantes.....	30
4.2	Discussão dos testes de flotação.....	33
4.3	Discussão dos testes de filtração.....	35
5	Conclusões	44

6	Sugestões	45
7	Referências	46
8	Anexos.....	50

1 INTRODUÇÃO

A indústria de alimentos tem destaque mundial e cresce devido à necessidade básica dos seres à alimentação. Nessa produção inustrial alimentícia, com suas diferentes atividades e tecnologias, é consumida grande parcela da água doce, a qual é utilizada em uma gama de usos tais como: matéria-prima, reagentes, solventes, lavagens de gases e sólidos, veículos, transmissão de calor, agente de resfriamento, entre outros, sendo gerados efluentes que precisam de tratamento para lançamento adequado no meio ambiente.

Por questões ambientais ou econômicas, atenção especial vem sendo dada para o tratamento, minimização ou reaproveitamento de efluentes gerados nos diferentes processos industriais, já que dependendo da disponibilidade da água, o tratamento para o reuso se torna bastante interessante na redução de custos, como também na geração de poluentes.

No caso específico da indústria do coco, o tratamento do efluente tem dupla importância econômica, ao mesmo tempo em que tem a função de atender as leis ambientais: uma em relação ao consumo de água que poderá ser reutilizada; outra em relação ao aproveitamento do óleo recuperado que poderá ser encaminhado para produção de subprodutos.

No processamento do fruto seco uma seqüência de operações específicas gera resíduos sólidos e líquidos. Os sólidos (cascas, aparas, brotos, rejeitos de polpa e coco seco derramado), em grande parte, são reaproveitados como combustível na própria indústria. Já os líquidos, que representam um grande volume de águas de lavagem contaminadas com óleos e graxas, precisam ser encaminhados para tratamento, pois mesmo em pequenas concentrações são uma ameaça a vida aquática e capazes de conferir odor e sabor em águas de consumo humano.

O tratamento de efluente oleoso pode ser através de processos gravitacionais (óleo sob as formas livre ou disperso); centrifugação ou flotação associados ao emprego de produtos químicos (óleo emulsionado); extração com solventes e/ou emprego de tratamento biológico (óleo solubilizado) (OLIVEIRA, 1995).

Em efluentes da indústria de processamento de coco, o óleo está sob a forma de emulsão, neste caso, segundo Oliveira (1995), o diâmetro das gotas de óleo encontra-se geralmente abaixo de 50 μm , dificultando a separação por processos gravitacionais, sendo necessário associar aos processos de separação física o emprego de produtos químicos.

Por isso, este trabalho teve como objetivo aplicar a técnica de flotação por ar induzido associada à coagulação no tratamento de efluentes da indústria de beneficiamento de coco. Para isto, foi construída uma unidade piloto de tratamento e devido à dificuldade de transporte e ao grande volume de efluente foi utilizado um efluente sintético constituído de água e leite de coco a 1 % v/v; tendo sido estudado o agente coagulante e as condições de floculação através de ensaios de floculação (*Jar test*). Os coagulantes estudados foram: sulfato de alumínio; policloreto de alumínio; sulfato férrico; e cloreto férrico.

Dos resultados obtidos na flotação com ar induzido, numa segunda etapa, foi construída uma outra unidade de tratamento substituindo o flotador por um filtro com o objetivo de comparar o desempenho dos processos de flotação e da filtração, frente ao efluente floculado/coagulado com o agente químico sulfato férrico.

O desempenho dos processos de coagulação, flotação e filtração foram avaliados através das análises: Demanda Química de Oxigênio (DQO) - que mede a quantidade de matéria orgânica presente em águas residuárias e naturais de maneira indireta através da determinação da quantidade de oxigênio necessário para oxidar essa matéria orgânica; e Teor de Óleos e Graxas (TOG). Estes parâmetros possuem valores limites para descarte de efluentes nos corpos receptores na legislação Federal, através da Resolução do CONAMA e Estadual através do Decreto nº 6.200/1985.

2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1 A indústria do coco

A indústria de alimentos desempenha importante papel na sociedade colocando a disposição da população uma diversificada gama de produtos, os quais no processo de produção consomem muita água e, conseqüentemente, gera efluentes que necessitam de tratamento para descarte adequado.

A indústria alimentícia do coco produz uma grande diversidade de produtos tanto para uso industrial como doméstico, demandando por água como matéria prima, água de produção, limpeza e entre outros, que pelas características de seus processos geram efluentes contaminados principalmente por óleos e graxas. Portanto, para descarte ou reuso necessitam de tratamento.

O coco é o fruto da palmeira *Cocos nucifera* a qual se desenvolve em quase todas as regiões tropicais do globo, sendo amplamente cultivado no Brasil. Ele possui polpa com até 2 cm de espessura e contém água em sua cavidade central, sendo rico em proteínas, gorduras e sais minerais, principalmente potássio e magnésio. Este fruto tem forma ovóide, quase globoso, de coloração esverdeada a amarelada, de casca lisa, com cerca de 25 cm de comprimento e 15 cm de diâmetro, que demora de 11 a 13 meses para amadurecer, quando se torna castanho (CALLADO e PAULA JR., 1999; GUERREIRO, 2007; NEVES, 2007).

Segundo Callado e Paula Jr. (1999), em geral um coco comum, maduro, pesa cerca 1,0 a 1,5 kg e consiste de seis partes, descritas abaixo e ilustradas na Figura 1.

- Epiderme: superfície externa lisa e cérea, sua cor varia dependendo da variedade e maturidade da fruta;
- Mesocarpo fibroso: também chamado de cairo, é a parte intermediária, tem aparência “palha” e geralmente cor castanha;

- Endocarpo: também chamado de cáscara, com mais ou menos 5 mm de espessura tem cor negra, é muito duro e apresenta três costuras longitudinais mais ou menos saliente, separando os três poros germinativos;
- Albúmen: também chamado de amêndoa ou polpa, geralmente tem cor branca brilhante com 1 ou 2 cm de espessura. Em sua extremidade imediatamente após o endocarpo, existe uma fina película castanha escura chamada de tegumento seminal;
- Líquido opalescente: conhecido como água de coco, ocupa cerca de 3/4 do volume da cavidade central;
- Embrião: semente germinativa, localizado no albúmen, abaixo de um dos três poros germinativos.

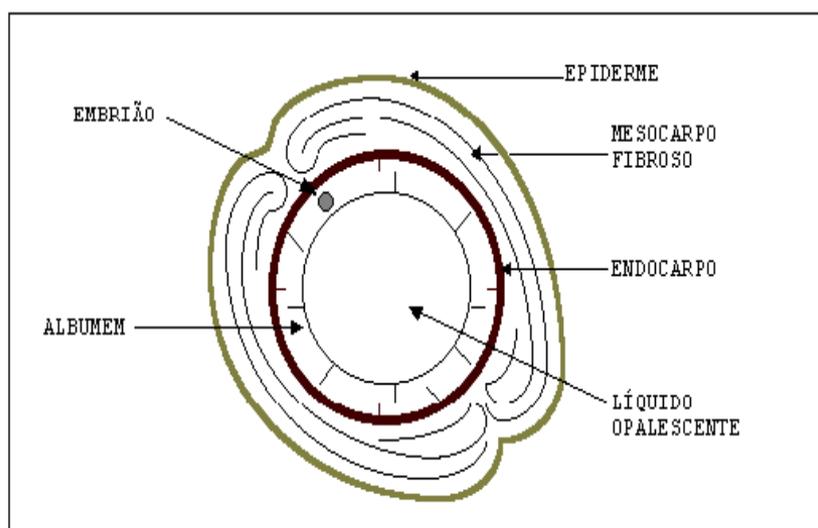


Figura 1. Corte esquemático de um coco maduro. (FREMOND *et al.*, 1969 citados por CALLADO e PAULA JR. 1999).

As características do coco: cor, forma, tamanho e espessura da albúmen, mudam de acordo com o tipo de coqueiro:

Anão: a cor do fruto pode ser verde, amarela ou vermelha, esta variedade inicia produção aos 3 anos de idade, apresentando potencial de produção de 120 a 150 frutos/pé/ano. O coqueiro anão constitui-se na variedade de coqueiro mais utilizada comercialmente no Brasil para obtenção da água de coco, sendo o Brasil líder mundial na produção de coco anão-verde. A produção deste coqueiro representa 20 % do

plantio brasileiro (ARAGÃO, 2004 e MONTEIRO, 2004 citados por CARVALHO et al, 2006; ARAGÃO, 2002).

Gigante: este tipo de coqueiro apresenta porte alto e começa a produzir de 5 a 7 anos de idade, a produção em boas condições alcança 60 a 80 frutos/pé/ano, os frutos são grandes, e com maior espessura da polpa ou carne. O coqueiro gigante ainda é explorado principalmente pelos pequenos produtores de coco, cujo fruto no Brasil é muito empregado *in natura* para uso culinário, bem como na agroindústria de alimentos. A produção deste coqueiro representa 70 % do plantio brasileiro (ARAGÃO, 2004; NEVES, 2007).

Híbrido: É o resultado do cruzamento do gigante com o anão, reúne as características desejáveis dos dois, como à precocidade e a alta produção do anão com a rusticidade, a longevidade e o maior tamanho dos frutos gigantes, podendo alcançar a produtividade de 100 a 140 frutos/pé/ano. Inicia a produção a partir do 4º ano. É destinado, principalmente, a produção de fruto seco, pode, também, ser utilizado para a produção de fruto verde, para consumo da água. A produção deste coqueiro representa 10 % do plantio brasileiro (ARAGÃO, 2004; NEVES, 2007).

A cultura do coqueiro é importante na geração de renda em mais de 86 países localizados na zona intertropical do globo terrestre. Constitui-se como a principal das culturas perenes, capaz de gerar um sistema auto-sustentável de exploração, como se observa em vários países do continente asiático onde além de fonte geradora de divisas representa uma das principais fontes de proteínas e calorias da população (CUENCA, 1998).

O Brasil é o único país produtor onde o coco é tratado como uma fruta e não como uma oleaginosa, com uma vasta aplicação do fruto *in natura* e seus derivados tanto como insumo industrial, como na forma de condimentos, especiarias e outras formas de utilização. A Figura 2 apresenta as potencialidades industriais dessa fruta comprovando que, pelo menos uma vez ao dia, os brasileiros utilizam produtos gerados direta ou indiretamente do coco ou de um derivado. A toalha na mesa, o tapete na entrada da casa pode ser feito de fibra de coco. Os cremes, sabonetes, detergentes, xampus, todos esses produtos possuem em sua formulação algum componente do óleo de coco (ABREU, 2002).

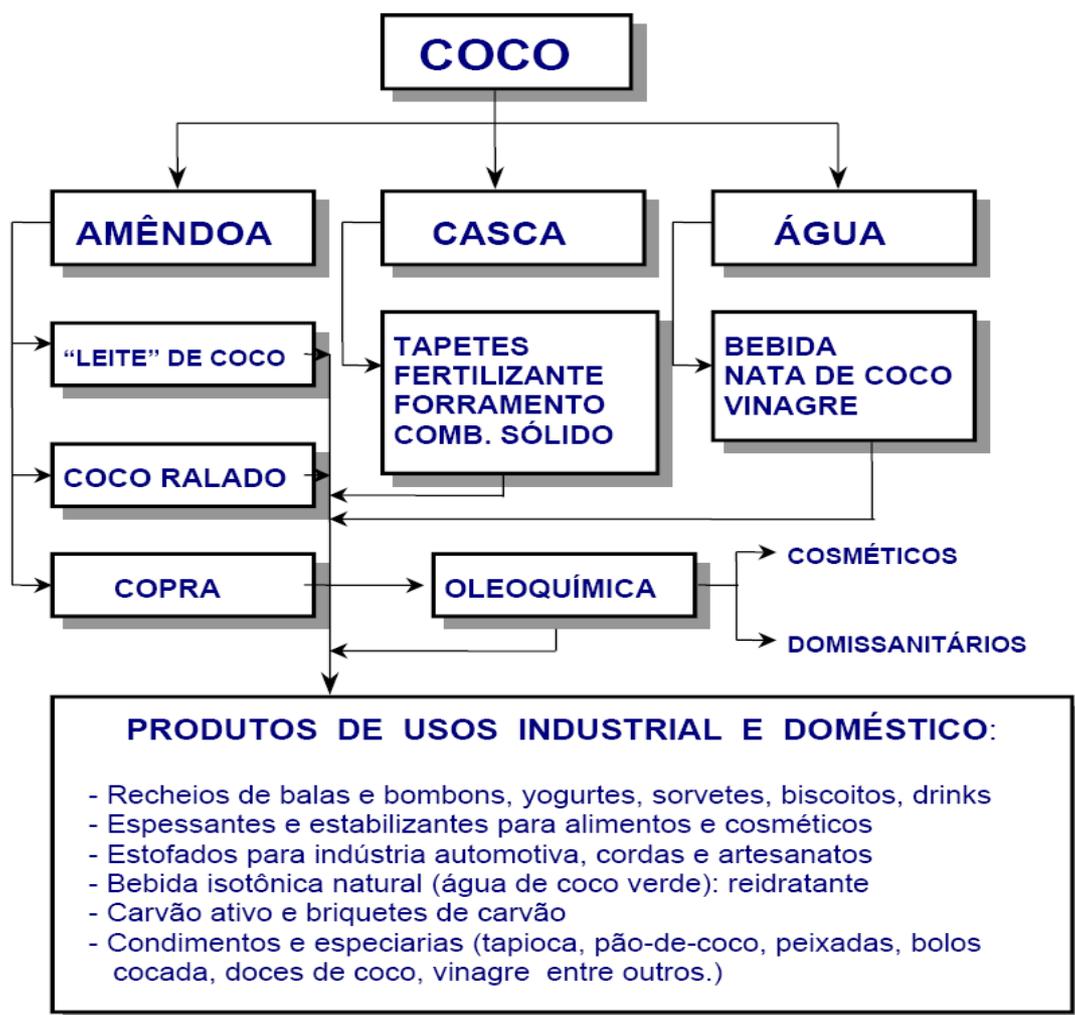


Figura 2. Potencialidades agroindustriais do coco (ABREU, F. A. P., ROSA, M. F., 2002).

O coqueiro é cultivado predominantemente no litoral da Região Nordeste, local de sua introdução pelos portugueses (CUENCA *et al.*, 2002). A produção brasileira de coco, mesmo sendo pequena em relação aos países asiáticos pelo fato do Brasil não produzir óleos, sempre foi de fundamental importância na vida e na economia das populações nordestinas, principalmente nos estados do Ceará, Rio Grande do Norte, Paraíba, Pernambuco, Alagoas, Sergipe e Bahia (CUENCA, 1998).

Em Alagoas a produção anual é de 80 milhões do fruto, ocupando o 7º lugar entre as produtoras da federação. Sua área cultivada é de 15 mil hectares onde tem aproximadamente 5 mil produtores, sendo em sua maioria pequenos agricultores (GAZETA DE ALAGOAS, 2008).

O processamento do coco seco compreende uma sequência de operações específicas desse fruto e se dá em duas fases. A primeira é realizada para a obtenção do coco ralado úmido e do leite de coco integral, obedecendo a seguinte sequência de operações: recepção, seleção, autoclavagem, despêliculagem, lavagem e sanificação das amêndoas, trituração e prensagem, Figura 3. A segunda fase corresponde ao processamento dos derivados do coco ralado úmido e do leite de coco integral.

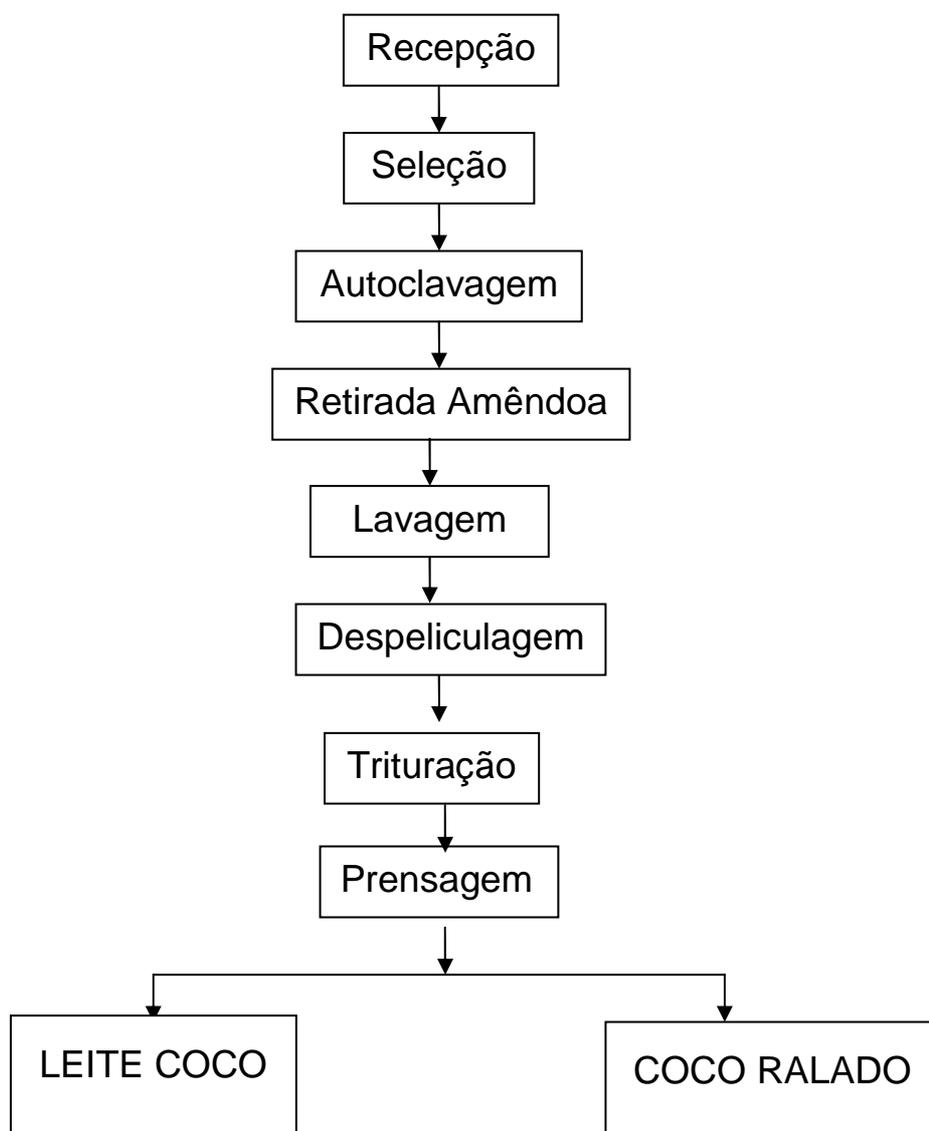


Figura 3. Fluxograma geral de processamento de coco seco (1ª fase)

Os resíduos provenientes do processamento de coco são cascas, aparas, brotos, rejeitos de polpa, coco seco derramado e um grande volume de águas de lavagem contaminadas com óleos e graxas.

Os resíduos sólidos são reaproveitados na própria unidade industrial como combustível para alimentar os sistemas geradores de vapor que abastecem a fábrica. Quanto aos resíduos líquidos, deles é extraído um volume considerável de óleo após uma caixa de retenção de gordura. Mesmo após esta operação, o efluente final ainda apresenta uma concentração de óleos e graxas muito elevada, necessitando ser bombeado para uma unidade de tratamento de efluente para a remoção dos contaminantes (CRESPILO, 2004).

2.2 Métodos de tratamento

Os tratamentos de efluentes industriais envolvem processos necessários à remoção de impurezas de forma que o efluente para descarte não confira ao corpo receptor características em desacordo com padrões estabelecidos por órgãos ambientais, federal e estadual, como o Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA) e o Instituto do Meio Ambiente de Alagoas (IMA/AL).

Existem diversos parâmetros (pH, temperatura, óleos e graxas, materiais sedimentáveis, materiais flutuantes, turbidez, metais pesados) que podem ser analisados para verificar a eficiência de um tratamento. No caso de efluentes oleosos se destacam o teor de óleos e graxas (TOG) e a demanda química de oxigênio (DQO).

A DQO mede a quantidade de matéria orgânica presente em águas residuárias e águas naturais de maneira indireta através da determinação da quantidade de oxigênio necessário para oxidar essa matéria orgânica, utilizando-se um composto fortemente oxidante, como por exemplo, o dicromato de potássio em meio ácido. Na análise de TOG, o óleo e graxa são extraídos da água através de solvente apropriado. Os hidrocarbonetos extraídos absorvem energia infravermelha a um comprimento de onda específico e a quantidade de energia

absorvida é proporcional á concentração de óleo/graxa no solvente (SANTOS, 2006).

O CONAMA estabelece na Resolução nº 357/2005, Capítulo IV, os padrões e as condições de lançamento de efluentes: o teor de óleos e graxas de origem mineral deve ser no máximo, 20 mg/L, enquanto o de origem vegetal e gordura animal, 50 mg/L. Já o IMA/AL, no Decreto nº 6.200/1985, sobre medidas de proteção ambiental no estado de Alagoas restringe o padrão de emissão de óleos e graxas para 20 mg/L, independente da origem e estabelece para a demanda de química de oxigênio o valor máximo para emissão de 150 mg/L.

O Decreto nº 6.200/1985 e a Resolução do CONAMA nº 357/2005 encontram-se nos anexos A e B, respectivamente.

Os processos de tratamento de efluentes podem ser classificados como: químicos, em que ocorrem reações químicas; físicos, caracterizados por métodos de separação de fases como a sedimentação, decantação, filtração, ou flotação dos resíduos; físico-químicos, quando há combinação dos processos químicos e operações físicas; e biológicos, nos quais ocorrem interações microbiológicas.

No caso específico da indústria do coco, o efluente gerado no processo contém óleo emulsificado, dificultando a separação por processos gravitacionais, sendo necessário associar aos processos de separação física o emprego de produtos químicos. Como podemos constatar na literatura, os poucos trabalhos que existem nesse seguimento exploraram o tratamento de efluentes da indústria de beneficiamento de coco através de coagulação química ou eletroquímica, seguida ou acoplada à flotação por ar dissolvido.

Santana (2002) estudou a flotação por ar dissolvido em água residuária da indústria de coco em uma unidade piloto. Para isto, foi necessário identificar as melhores condições de dosagem de coagulante (sulfato de alumínio), faixa de pH e dosagem do auxiliar de coagulação (floculante) através da técnica de *Jar Test*. O autor concluiu que a melhor clarificação do efluente ocorreu com a utilização de 1000 mg/L sulfato de alumínio, juntamente com a adição de 50 mg/L do polímero poliácridamila aniônica de alta massa molar como floculante.

Crespilho et al. (2004) estudaram o tratamento de efluente gerado no processamento de coco através do processo de eletroflotação com eletrodos de alumínio. Para isto, realizaram experimentos variando o pH de efluente (4,92; 5,31; e 6,75) e depois compararam com a inversão de polaridade em pH 5,35. A eficiência dos experimentos foi analisada através dos seguintes parâmetros: concentração de metais, redução de cor e turbidez, concentração de óleos e graxas, sólidos totais e carbono orgânico total. Os autores constataram que a remoção dos contaminantes foi maior sem a inversão de polaridade e que a eletroflotação é uma alternativa frente aos tratamentos convencionais.

Santana (2004) comparou o desempenho da coagulação química com o sulfato de alumínio seguida de flotação por ar dissolvido com a eletrocoagulação acoplada à flotação por ar dissolvido em efluente de uma indústria de processamento de coco. As técnicas analíticas empregadas para avaliar a qualidade do efluente tratado foram: medição de pH; condutividade; cor e turbidez; determinação de alumínio, sódio e cloreto; DBO₅; carbono orgânico total (COT); cromatografia gasosa; e análise por eletroforese. O autor verificou que nos processos em que a eletrocoagulação foi aplicada, a condutividade elétrica não aumentou; o pH das amostras permaneceu estável; não foi detectada a presença de alumínio e nem acréscimo na concentração de sulfatos após o tratamento; e que a remoção de COT é independente do processo de coagulação, porém, a eletrocoagulação não deixa resíduo do contra-íon no efluente tratado.

Os métodos de tratamento empregados neste trabalho foram os de flotação por ar induzido e o de filtração, associados ao método químico de coagulação.

2.3 Coagulação

Nos processos de tratamento de água residuária ou potável, a coagulação seguida pela floculação é uma etapa muito importante para alcançar a máxima eficiência de clarificação.

A coagulação é o fenômeno em que ocorre a desestabilização de partículas carregadas em suspensões coloidais com a adição de agentes coagulantes por meio de colisões mútuas com íons opostos. E a floculação é o processo que ocorre após a

coagulação e consiste no agrupamento das partículas eletricamente desestabilizadas, pela ação da neutralização das suas cargas por um coagulante de carga contrária, formando partículas maiores chamadas de flocos, que dependendo do tamanho e da densidade, sedimentam ou flutam.

Segundo Nunes (2004), coagulante é o agente químico adicionado à água/efluente para facilitar a decantação ou flotação da matéria coloidal ou finamente dividida, em suspensão.

Muitos fatores influenciam a coagulação das águas túrbidas ou coradas. Entre eles podem ser relacionados: espécie de coagulante; quantidade de coagulante; teor e tipo da cor ou turbidez; outras características químicas da água; concentração de íon hidrogênio na água; tempo de mistura e de floculação; temperatura da água; agitação e a presença de núcleos (ÁGUA, 1964).

Existem várias substâncias que atuam como agentes coagulantes, floculantes e auxiliares de coagulação e/ou floculação, Tabela 1.

Tabela 1. Produtos químicos utilizados na coagulação de efluentes

Precipitantes químicos	Sulfato de alumínio, Cloreto férrico Sulfato ferroso, Sulfato férrico, Policloreto de alumínio e Polieletrólitos.
Auxiliares de floculação	Polieletrólitos, Sílica ativada, Bentonita
Acidificantes	Gás carbônico, Ácido sulfúrico e Ácido Clorídrico.
Alcalinizantes	Cal hidratada, Carbonato de cálcio, Hidróxido de sódio e Carbonato de sódio.

Os coagulantes mais utilizados nas últimas décadas têm sido os sais de ferro e alumínio e recentemente o cloreto de polialumínio. A definição do tipo de coagulante deve levar em consideração a eficiência, o custo global dos produtos químicos envolvidos (auxiliares de coagulação, floculantes) e o volume e características de lodo gerado (LIBÂNIO *et al.*, 1999).

Segundo Muñoz (1998), quando o sulfato de alumínio ou o sulfato férrico são solubilizados em água, diferentes espécies químicas são formadas através de várias reações hidrolíticas. Os produtos da hidrólise dos coagulantes sofrem reações de polimerização ligando-se uns aos outros para formar grandes moléculas, que se transformam em longas cadeias tridimensionais com extremos ativos. Estas cadeias adsorvem as partículas (ou gotas de óleo), formando massas esponjosas (coágulos).

De acordo com Nunes (2004), os sais de ferro e alumínio reagem com a alcalinidade contida ou adicionada nas águas residuárias, formando hidróxidos que desestabilizam colóides, partículas em suspensão, etc., pela redução do seu potencial zeta a valores próximos de zero, denominados ponto isoelétrico.

Santana (2002), em estudos de coagulação em água residuária da indústria de coco, concluiu que a melhor clarificação do efluente ocorreu com a utilização de sulfato de alumínio como coagulante, juntamente com a adição do polímero poliacrilamida como floculante.

Tosetto (2005) analisou o tratamento de efluente de uma estação de tratamento de esgoto composto das etapas de coagulação, filtração e desinfecção com radiação ultravioleta para fins de reuso urbano; os melhores resultados em termos de turbidez e cor foram obtidos com dosagens iguais ou superiores a 10 mg/L, e pH de coagulação de 5,0 para o sulfato de alumínio, e na faixa de 4,0 e 5,0 para o sulfato férrico.

Pela ampla utilização em estações de tratamento de água potável e de efluentes industriais como demonstrado pela literatura, foram escolhidos os coagulantes: policloreto de alumínio, sulfato de alumínio, sulfato férrico e o cloreto férrico, para o estudo específico do tratamento de efluente da indústria do coco. Esses coagulantes apresentam as seguintes características:

- O sulfato de alumínio é extremamente ácido e sua presença pode baixar drasticamente o pH de uma solução, sendo necessário usar outros insumos químicos que possam compensar a diminuição do pH. Este composto tem por fórmula química $Al_2(SO_4)_3 \cdot nH_2O$, onde n representa o número de moléculas de água de cristalização. Quando anidro tem peso molecular aproximadamente igual a 342,16 g/mol, e decompõe-se a temperatura de 600°C. De acordo com Nunes (2004) sua melhor faixa de atuação é de pH 5 a 8.
- O policloreto de alumínio refere-se a uma classe de produtos solúveis de alumínio, são misturas de polieletrólitos catiônicos muito utilizados em estações de tratamento de água. As propriedades do produto vão depender do grau médio de polimerização e da proporção entre cloreto e hidróxido. A fórmula química do policloreto de alumínio é frequentemente expressa como $Al_n(OH)_mCl_{(3n-m)}$ onde m e n (valores presentes na fórmula genérica) variam de acordo com o pH, podendo o pH real ser obtido através da fórmula $m/3n$ (VICTORINO, 2008). A melhor faixa de atuação desse coagulante é em pH de 4 a 9 (LETTERMAN, 1999).
- O sulfato férrico em estado líquido apresenta concentração de 11,5% em ferro. É armazenado sob forma não-diluída, em tanques de material apropriado, tais como, plástico (à base de cobertura de borracha) ou aço resistente a ácidos. De modo a obter uma dosagem mais precisa, o produto comercial pode ser diluído num volume total que o pH da solução seja menor que 2,0. Sob altas razões de diluição, pode ocorrer a precipitação de hidróxidos férricos que levam à diminuição da eficiência do produto (PAVANELLI, 2001). A melhor faixa de atuação desse coagulante é em pH de 4 a 6 (LETTERMAN, 1999).
- O cloreto férrico é o produto da reação a quente do ácido clorídrico com o minério de ferro (hematita – Fe_2O_3), seguida de resfriamento e filtração. É muito usado no tratamento de efluentes industriais, como coagulante, devido à larga faixa de pH em que produz bons flocos (5 – 11). A utilização de cloreto férrico em tratamento de efluente diminui drasticamente a turbidez e DBO, e elimina fosfatos. A solubilidade do sal anidro é 918 g/L de água a 20°C (NUNES, 2004).

2.4 Flotação

A flotação tem se apresentando como uma tecnologia promissora na remoção de óleos e graxas provenientes de refinarias, plantas petroquímicas, metalúrgicas, indústrias alimentícias e etc., reduzindo a carga poluente de efluentes.

De acordo com Soletti *et al.* (2001), a flotação é um processo pelo qual há remoção de partículas, líquidas ou sólidas, de uma fase líquida, por meio da introdução de bolhas de gás, as quais aderem à superfície dessas partículas formando aglomerados de densidade menor que a água, que ascendem à superfície, de onde serão removidas.

Existem diferentes processos de flotação para o tratamento de efluentes líquidos, podendo ser classificados em flotação: eletrolítica, à vácuo, à jato, centrífuga, por ar induzido e por ar dissolvido. As diferenças significativas que existem entre esses processos estão no tamanho da bolha de ar/gás e na forma em que esta é introduzida no sistema de tratamento.

Para a eficiência do processo de flotação, é fundamental que o contato entre bolha (de ar) e gota (de óleo) seja efetivo, e que as mesmas permaneçam acopladas até que atinjam o topo da célula de flotação. O processo de contato é essencialmente controlado por interações hidrodinâmicas entre as bolhas e as gotas. Em geral, a efetividade do contato ou até mesmo o espalhamento da gota de óleo sobre a bolha dependerá das características superficiais de ambas as fases. A repulsão interfacial entre o óleo e a bolha pode causar o desacoplamento da gota antes que o conjunto bolha-gota atinja o topo da célula de flotação (OLIVEIRA, 1995).

Dentre os processos de flotação têm se destacado a Flotação por Ar Dissolvido (FAD) e a Flotação por Ar Induzido (FAI).

A FAD vem sendo muito estudada em sistemas de tratamento de água residuária, assim como em tratamento de água potável. O processo está dividido basicamente em três grupos: flotação com pressurização parcial do efluente; flotação com pressurização total do efluente; e, com pressurização da circulação (DI BERNARDO, 1993).

No processo de flotação por ar dissolvido, são geradas bolhas de tamanho reduzido, geralmente $< 100 \mu\text{m}$, e a quantidade de ar disponível depende, essencialmente, da pressão de operação do sistema. O sistema com pressurização total da carga representa a condição de máxima probabilidade de colisão bolha gás-gota óleo, pois neste sistema um grande número de bolhas de pequeno diâmetro é introduzido no meio líquido. Já o sistema com pressurização parcial da carga possui uma menor probabilidade de colisão bolha-gota, devido ao menor número de bolhas presentes neste sistema (COUTO, 2003).

Na FAI o ar é disperso diretamente no líquido, às vezes com auxílio de ventiladores ou compressores, através de dispositivos porosos que propiciam a geração de bolhas com diâmetros geralmente inferiores a 10 mm. Segundo Couto (2003), os dois principais mecanismos de geração de bolhas por ar induzido são: mecânico e hidráulico. No mecanismo mecânico é utilizado um rotor que promove a indução e geração de pequenas bolhas de ar na água. E no mecanismo hidráulico é feita a utilização de uma bomba centrífuga para direci

onar o efluente para ejetores, onde as bolhas de ar são geradas.

Uma vantagem da flotação por ar induzido sobre a flotação por ar dissolvido está no tamanho do diâmetro da bolha gerada visto que este parâmetro está diretamente ligado à velocidade de ascensão das bolhas, ou seja, ao tempo de residência, como mostra Motarjemi e Jameson (1978) na Figura 4.

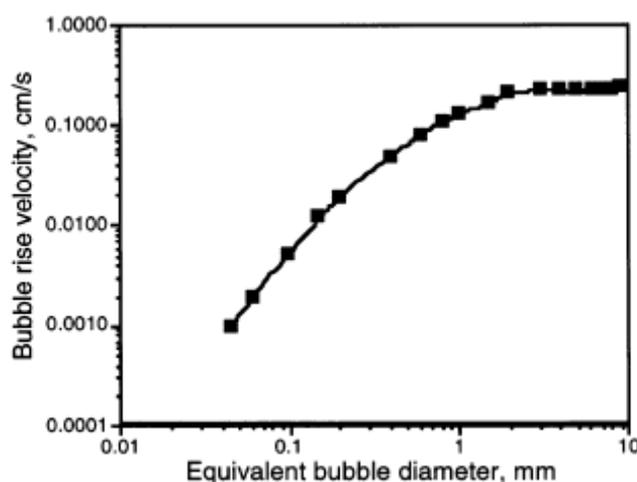


Figura 4. Velocidade de ascensão da bolha em relação ao diâmetro equivalente da bolha, em determinações experimentais de MOTARJEMI, M., JAMESON, G.J. (1978) citado por JAMESON (1999).

Vários trabalhos mostram a junção dos processos de coagulação com flotação (FAD ou FAI) no tratamento de efluentes oleosos.

O óleo pode estar presente nos efluentes líquidos em quatro formas: livre, disperso, emulsificado e dissolvido. Na forma de emulsão, o diâmetro das gotas situa-se, normalmente, abaixo de 50 μm , o que dificulta sua remoção por meios gravitacionais. Geralmente, o tratamento de óleo emulsificado requer de processos tais como flotação auxiliada por agentes desestabilizantes (MUÑOZ, 1998).

Meysami e Kasaeian (2005) estudaram a influência da vazão de ar, do tempo de aeração e da temperatura no processo de separação do óleo de oliva coagulado da suspensão utilizando o sistema de flotação com ar induzido. Eles observaram que em 3 minutos de floculação, com quitosana, reduziram 90 % da turbidez da emulsão e com mais 45 segundos melhoram ainda mais a redução de turbidez. Porém, acima de 45 segundos ocorreu a desintegração dos flocos.

Rosa e Rúbio (2005) desenvolveram estudos em uma unidade de flotação com a floculação em linha para a geração e separação de flocos poliméricos. Os estudos apresentaram eficiência maior que 90 % na remoção de óleos com o uso de 10 mg/L de um polímero catiônico de alto peso molecular.

Al-shamrani, James e Xiao (2002) investigaram a desestabilização de uma emulsão óleo/água através da ação do sulfato de alumínio e do sulfato férrico, e a separação através da flotação por ar dissolvido em uma unidade de bancada. Eles observaram que ambos os coagulantes obtiveram eficiência de remoção maior que 99 %, na faixa de pH próxima a neutralidade, e o processo de flotação é mais eficiente quando a coagulação ocorre a um gradiente de velocidade 110s^{-1} durante 2 minutos mais 20 minutos de floculação.

Zouboulis e Avranas (2000) estudaram as condições de pH, tipo e dosagem de floculante (polieletrólito catiônico ou aniônico), e a dosagem do coagulante (cloreto férrico) e do coletor (oleato de sódio) no processo de flotação por ar dissolvido no tratamento de óleo emulsificado. Eles obtiveram uma redução maior que 95 % do óleo contido no efluente através das seguintes condições experimentais: pH 6; sem adição de polieletrólito; $[\text{Fe}^{+3}] = 100 \text{ mg/L}$; e 500 mg/L de oleato.

Sylvestre e Byeseda (1980) estudaram a separação de óleo em água salgada através da flotação por ar induzido em uma unidade piloto composta de três estágios, variando-se a vazão de ar 40 a 190 mL/s, a concentração do óleo 35 – 190 ppm e o tempo de residência de 1,0 a 6,2 minutos. Eles observaram que as variáveis mais significativas do processo foi o tempo de residência, a concentração do polieletrólito catiônico e os diâmetros das gotículas de óleo e da bolha de ar. E a maior remoção foi de gotículas de óleo maiores que 2 μm .

2.5 Filtração

Consiste na remoção de partículas suspensas e coloidais e de microorganismos presentes na água que escoam através de um meio poroso. Em geral, a filtração é o processo final de remoção de impurezas realizado em uma estação de tratamento de água e, portanto, principal responsável pela produção de água com qualidade condizente com o padrão de potabilidade (DI BERNARDO, 2005).

Segundo Oliveira (1995), o processo de separação por filtração pode ser aplicado tanto na remoção de óleo livre como emulsificado, sendo os meios de filtração mais comumente utilizados a areia, o carvão ativado e materiais plásticos.

De acordo com Perry (1980), os meios filtrantes são fabricados em algodão, polímeros sintéticos, vidro, amianto, celulose, metal e outros materiais que formam fibra; em carbono, metal, refratários, polímeros sintéticos, sólidos porosos ou perfurados; e em areia ou outros sólidos especiais capazes de formar leitos permeáveis. A escolha do meio filtrante leva em consideração os seguintes critérios:

- Capacidade de reter os sólidos que se desejam;
- Impossibilidade de descarga de fiapos ou de outro adulterante no filtrado;
- Entupimento lento (vida longa);
- Resistência mínima ao escoamento;
- Resistência ao ataque químico;
- Resistência suficiente para suportar a pressão da filtração;
- Possibilidade de adaptar mecanicamente à espécie de filtro com o qual será usado;
- Custo mínimo.

Segundo Mancuso (2003), a filtração é um processo-chave na produção de efluente de alta qualidade, combinando mecanismos físicos e químicos de remoção de sólidos, sendo por isso normalmente usado como etapa final imediatamente antes da desinfecção e da disposição final ou reuso. O desempenho dos filtros está diretamente relacionado aos processos que os antecedem, como a coagulação e a floculação.

Pinto (2006) avaliou o desempenho de uma unidade de filtração, tendo com meio filtrante pedregulho, utilizando-se água superficial de uma barragem coagulada com sulfato de alumínio e concluiu que quanto menor a taxa de filtração, mais longa resulta a duração da carreira e menor a turbidez do efluente.

Os filtros podem ser classificados de acordo com o sentido do escoamento do afluente: verticais e horizontais; sendo os verticais mais comuns, onde os afluentes podem escoar no sentido ascendente ou descendente. Podem também ser classificados com lentos ou rápidos, de acordo com a taxa de filtração aplicada.

A taxa de filtração nos filtros lentos é limitada pela NBR 1989, em $6 \text{ m}^3/\text{m}^2\text{d}$ quando se tem meio filtrante constituído unicamente areia (DI BERNARDO, 1999).

Marrara (2005) avaliou a eficiência e o desempenho da filtração lenta em uma estação piloto de filtração, utilizando como meio filtrante areia e manta não tecida, com e sem carvão ativado, precedida de um pré-filtro com pedregulho, como tratamento final de esgoto doméstico após passar por um reator anaeróbio e de leitos cultivados "wetlands". A eficiência da filtração foi maior com a utilização da camada de carvão ativado, mesmo após oito experimentos utilizando-se o mesmo carvão.

Pelegri (2006) trabalhou com um sistema de filtração lenta, precedido de uma pré-filtração em manta sintética, para o tratamento de chorume de lixo "in natura". E obteve como principais reduções, 40% de turbidez, 21% da coloração, 35% de carbono orgânico total e reduções consideráveis de metais pesados.

A eficiência da filtração está relacionada às características da suspensão (tipo, tamanho e massa específica das partículas, resistência das partículas retidas às forças de cisalhamento, temperatura da água, concentração de partículas, potencial zeta, pH de água, etc.); do meio filtrante (tipo do material granular, tamanho efetivo, tamanho do maior e do menor grão, coeficiente de desuniformidade, massa específica do material granular e espessura da camada filtrante); e às características hidráulicas

(taxa de filtração, carga hidráulica disponível, método de controle da taxa e do nível de água nos filtros), (DI BERNARDO, 2005).

Tonetti (2004) avaliou a eficiência de tratamento de esgoto sanitário através de quatro filtros de areia com diferentes profundidades de leitos (0,25; 0,50; 0,75; e 1 m) e empregando-se diferentes cargas (20, 40, 60, 80 e 100 L/m²), sendo a alimentação proveniente de reatores anaeróbios. Neste sistema, foi constatado que com o emprego de baixas cargas de efluente anaeróbio o sistema propiciava uma remoção a 96 % de DBO, adequação na emissão de coliformes totais e completa nitrificação; e que aumentando as cargas ocorreu uma pequena redução da eficiência, no entanto os resultados ainda eram satisfatórios.

3 METODOLOGIA

Este trabalho foi desenvolvido em três etapas: estudo de coagulantes; testes de flotação; e testes de filtração. As duas últimas etapas utilizaram o efluente já floculado.

Na primeira etapa deste estudo foram realizados os ensaios de coagulação, em nível de bancada, através de *Jar test*, para identificar as melhores condições de floculação (pH de floculação, dosagem e concentração). Esses ensaios foram desenvolvidos no Laboratório de Saneamento e Ambiental (LSA) do NPT/UFAL.

Na segunda etapa, testes de flotação, com o objetivo de reproduzir em regime contínuo os resultados em batelada obtidos na primeira etapa, foi construída uma unidade piloto de tratamento composta de: tanque de coagulação/alimentação; agitador; bomba peristáltica; compressor de ar; e flotador.

Na etapa seguinte, foi construída uma unidade piloto de filtração com o objetivo de comparar o desempenho dos processos de flotação e de filtração, frente ao efluente floculado. Essas duas últimas etapas do trabalho foram desenvolvidas no Laboratório de Sistema Separação e Otimização de Processos (LASSOP).

A eficiência dos processos de coagulação, flotação e filtração foi avaliada através de análises de Demanda Química de Oxigênio (DQO) e Teor de Óleos e Graxas (TOG), parâmetros que apresentam valores limites na legislação federal e estadual para descarte de efluentes nos corpos receptores.

Em todas as etapas do trabalho o efluente sintético utilizado foi preparado com concentração de 1% v/v (leite de coco / água de abastecimento público) simulando o efluente real. O leite de coco utilizado na preparação do efluente sintético, contém para cada 15g os valores nutricionais (informados pelo fabricante) apresentados na Tabela 2:

Tabela 2. Valores nutricionais do leite de coco

Valor calórico	38 kcal = 160 kJ
Gorduras totais	2,7 g
Gorduras saturadas	1,4 g
Gorduras trans	0 g
Colesterol	0 mg

3.1 Estudo de Coagulantes

Foram realizados ensaios de bancada (*Jar Test*) utilizando os coagulantes comerciais: sulfato de alumínio (582,5 g/L), policloreto de alumínio (130,5 g/L), sulfato férrico (368 g/L) e cloreto férrico (250 g/L), em diferentes concentrações, com a finalidade de selecionar o coagulante mais eficiente e sua concentração para a melhor clarificação do efluente. Para tal, preparou-se soluções a 1% (v/v) dos agentes coagulantes comerciais citados.

O equipamento utilizado é denominado FlocControl II da marca PoliControl e tem capacidade para 6 jarros, Figura 5.

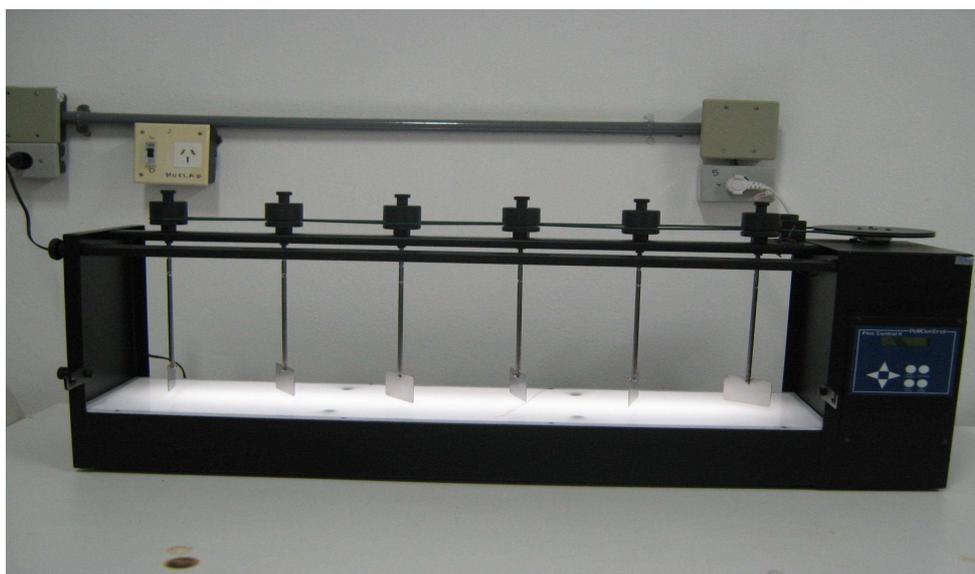


Figura 5. FlocControl II

Em todos os ensaios a programação de agitação utilizada teve como velocidade alta 100 G/s por 2 minutos, seguida da redução gradativa da velocidade (80G/s, 60G/s, 40G/s, 20G/s e 10 G/s) a cada 2 minutos, totalizando 12 minutos. Ao término da agitação, foi observada a aglutinação e a flotação dos flocos formados durante 5 minutos. Em todos os ensaios o volume da amostra de efluente sintético utilizado foi de 1L.

Inicialmente, os ensaios de *Jar Test* foram realizados utilizando um único coagulante a diferentes concentrações, a fim de identificar a melhor concentração de cada coagulante. Após o término da agitação foi observada a flotação espontânea dos flocos durante 5 minutos, verificou-se o pH do efluente através do pHmetro compacto digital HORIBA e coletou-se uma amostra de cada bécker. A avaliação da eficiência de cada coagulante a diferentes concentrações foi determinada através da análise de turbidez, que identifica em águas/efluentes a presença de materiais sólidos em suspensão que reduzem a sua transparência, utilizando o turbidímetro modelo AP – 2000 da PoliControl, o que determinou a escolha da melhor concentração de cada coagulante.

Para a seleção do coagulante mais eficiente, os ensaios de *Jar Test* foram realizados com as melhores concentrações dos coagulantes, sendo verificado o pH e coletadas as amostras para verificar analiticamente a eficiência da ação de cada coagulante através das análises de DQO e TOG, após a flotação espontânea dos flocos durante 5 minutos.

3.2 Testes de Flotação

Construiu-se uma unidade piloto de tratamento, constituída por um tanque de coagulação e alimentação munido de um agitador; bomba peristáltica; compressor Air Pump, modelo SC – 7500 JAD; e um flotador construído em vidro medindo 40 cm de altura, 24 cm de largura e 50 cm de comprimento, munido de uma placa defletora para reduzir a turbulência da alimentação, e com a possibilidade de retirada de lodo a 20 cm e 30 cm de altura. A geração de bolhas foi obtida utilizando uma mangueira de borracha porosa maleável e com auxílio de um compressor.

As Figuras 6 e 7 apresentam o esquema da unidade piloto de tratamento e o flotor utilizado, respectivamente.

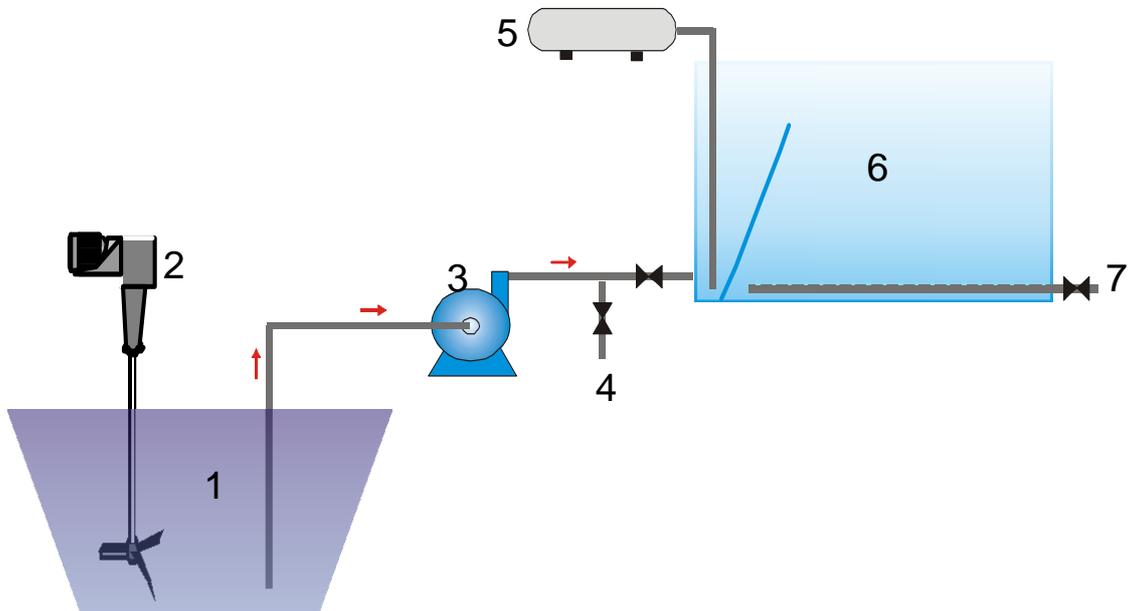


Figura 6. Esquema da unidade piloto de flotação: 1- tanque de coagulação/alimentação, 2- agitador, 3- bomba peristáltica, 4- ponto de coleta, 5- compressor, 6- flotor e 7- saída do efluente tratado.



Figura 7. Flotor

As corridas experimentais foram realizadas em duas configurações diferentes em relação à vazão de ar e da altura de retida de lodo.

Configuração 1. altura = 20 cm, vazão de ar = 0,35 L/h;

Configuração 2. altura = 30 cm, vazão de ar = 0,50 L/h.

O efluente sintético foi preparado no tanque de alimentação através da mistura de 0,9 L de leite de coco industrializado e 89,1 L de água, sob agitação durante 5 minutos. Em seguida foi verificado o pH do efluente.

Para a coagulação do efluente foram adicionado 70 mL do coagulante sulfato férrico a concentração de 10 % v/v.

A mistura permaneceu sob agitação durante 5 minutos, sendo a agitação desligada e o sistema deixado em repouso por mais 5 minutos. Após este tempo, foi verificado o pH do efluente, acionado o seu bombeamento para o flotador (pela base do tanque) e foi realizada uma coleta (efluente após coagulação).

O efluente que alimentou o flotador apresentou-se livre dos flocos grandes, porém rico em pequenos flocos. E em todos os testes a vazão de alimentação do efluente foi de 900 mL/min.

Após o enchimento do flotador (aproximadamente 40 minutos para a configuração 1 e aproximadamente 55 minutos para a configuração 2), foram coletadas amostras na entrada e saída do flotador em intervalos de tempo regular (a cada 30 minutos para a configuração 1 e a cada 20 minutos para a configuração 2), para análises de TOG e DQO.

A diferença do intervalo de tempo das coletas nas configurações do flotador se dá porque a configuração 2 possui uma maior capacidade volumétrica, e sendo o volume de efluente a ser tratado nas duas configurações o mesmo, o intervalo de tempo de coleta na segunda configuração teve que ser reduzido.

3.3 Testes de filtração

Para este estudo foi montada uma unidade piloto de filtração constituída por um tanque de coagulação (em inox) com agitador, um tanque de alimentação em PVC, uma bomba peristáltica, um rotâmetro, um manômetro e um filtro de areia construído em acrílico. As Figuras 8 e 9 apresentam o esquema da unidade piloto de tratamento e o filtro utilizado, respectivamente.

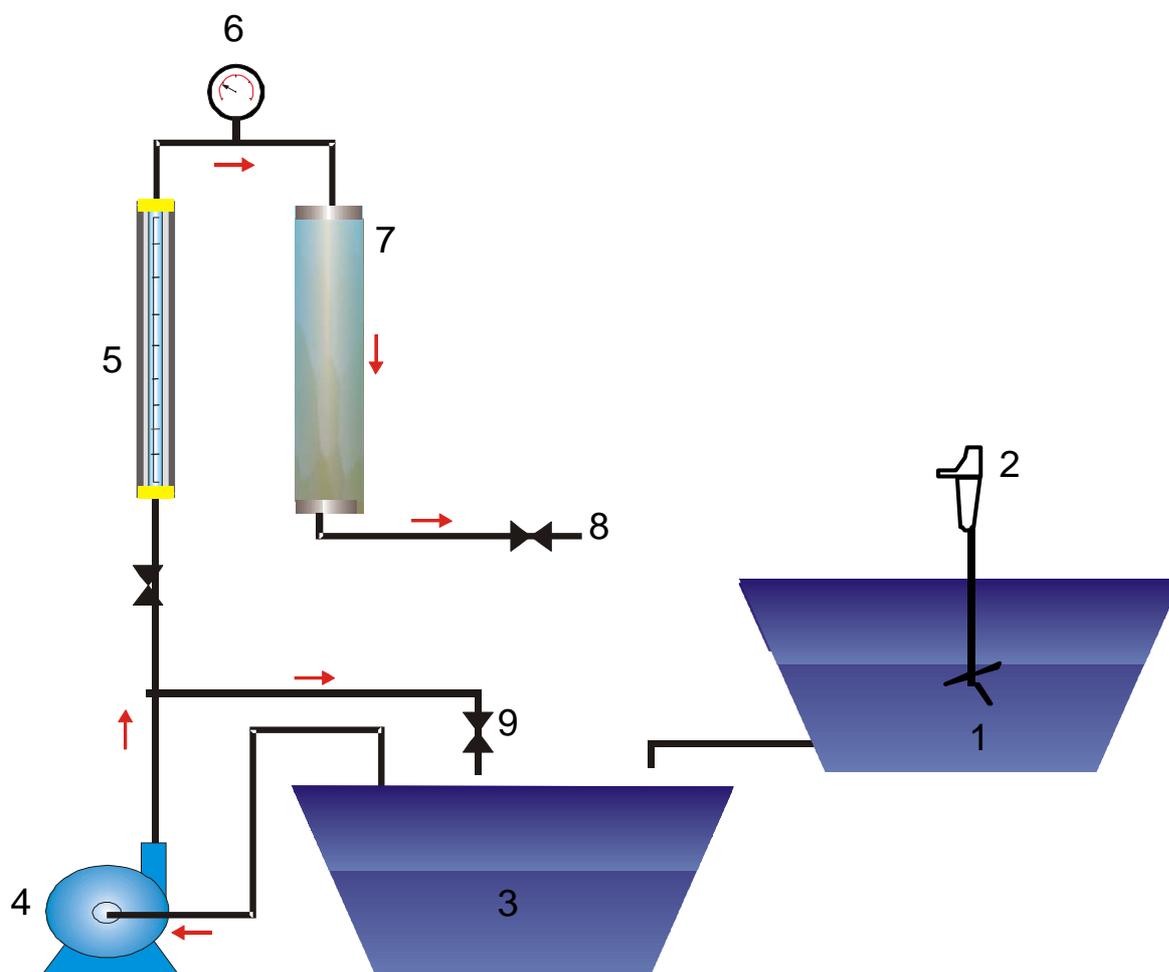


Figura 8. Esquema da unidade piloto de filtração: 1- tanque de coagulação, 2- agitador, 3- tanque de alimentação, 4- bomba peristáltica, 5- rotâmetro, 6- manômetro, 7- filtro, 8- saída do efluente filtrado e 9- ponto de coleta da alimentação.



Figura 9. Filtro e rotâmetro

Os testes de filtração foram realizados após a coagulação utilizando como meio filtrante areia de construção civil com faixas granulométricas diferentes. A Tabela 3 apresenta algumas características da areia utilizada.

Tabela 3. Características da areia

Massa utilizada	996,40 g
Faixas granulométricas	1,00 – 0,84 mm 0,59 – 0,42 mm
Espessura da camada	20,0 cm
Massa específica	2650 – 2670 Kg / m ³

Foram realizadas duas baterias de experimentos, cada uma composta por três corridas experimentais. Nas três primeiras corridas, foi selecionada a areia retida entre as peneiras com 20 e 18 mesh, correspondendo a abertura de malha de 0,84 e 1,0 mm. Para a realização das outras três corridas, foi selecionada a areia utilizando as peneiras com 35 e 28 mesh, correspondendo à abertura de malha de 0,42 e 0,59.

Entre as corridas de uma mesma faixa granulométrica não houve substituição nem retrolavagem do meio filtrante.

Em todos os experimentos desta etapa o efluente sintético foi preparado no tanque de coagulação através da mistura de 0,9 L de leite de coco industrializado e 89,1 L de água, sob agitação durante 5 minutos, Figura 10, sendo em seguida, verificado o pH do efluente.



Figura 10. Preparação do efluente

Para a coagulação dos óleos e graxas foram adicionados ao efluente 70 mL do coagulante sulfato férrico à concentração de 10 % v/v e acionada a agitação durante 5 minutos, após os quais foi verificado o pH e foi deixado o sistema em repouso por mais 5 minutos.

Após a coagulação, espontaneamente, os flocos maiores flotaram e o líquido clarificado, ainda contendo óleo e pequenos flocos, foi transferido por gravidade, pela base do tanque de coagulação para o tanque de alimentação, não permitindo a passagem do sobrenadante, o qual foi retido no tanque de coagulação, Figuras 11 e 12.

Do tanque de alimentação, o efluente foi diretamente bombeado para o topo do filtro por meio de uma bomba peristáltica.

Após um tempo de operação, de 3 à 5 minutos, foram iniciadas as coletas de amostras na entrada e saída do filtro, em intervalos de 15 minutos.



Figura 11. Transferência do efluente após coagulação



Figura 12. Lama retida no tanque de coagulação

3.4 Métodos Analíticos

Para a realização da análise de turbidez foi utilizado o método nefelométrico do Standard Methods – 2130 B, sendo a turbidez determinada em NTU através do turbidímetro, modelo AP – 2000, da PoliControl.

Para a realização da análise de demanda química de oxigênio foi utilizado o método colorimétrico do Standard Methods – 5220 D, sendo determinada em ppm, através do analisador AQUALYTI COD da PCompact.

A análise do teor de óleos e graxas foi realizada segundo a técnica de absorção de energia no espectro do infravermelho, na faixa de comprimento de onda entre 3,4 e 3,5 micrômetros. Foi determinada em ppm através do analisador de óleo marca Horiba OCMA-350. Segundo o princípio desse instrumento, a quantidade de energia absorvida é diretamente proporcional à concentração de óleo presente na amostra. Como a água também absorve energia na faixa de 3,4 e 3,5 micrômetros, a extração do óleo presente nas amostras foi realizada utilizando-se como solvente a mistura de 2,2,4-iso-octano, cetona e clorobenzeno, na proporção volumétrica de 3:3:2, que além de ser insolúvel em água, não absorve energia nesta faixa de comprimento de onda. Esta análise seguiu os seguintes procedimentos:

Uma amostra 60 mL foi transferida para um funil de filtração, sendo adicionados 50 mL de solvente; a mistura foi agitada e deixada em repouso até a formação de duas fases visualmente distintas: uma fase composta basicamente de água e a outra, a fase mais pesada, de solvente e óleo. Após a separação das fases, foi efetuada a filtração da fase (óleo + solvente) na presença de sulfato de sódio anidro para que possíveis gotículas de água fossem absorvidas e não interferissem no resultado da análise. Após a filtração de toda a fase, a solução foi agitada e analisada, utilizando o solvente como padrão para o “zero”.

4 RESULTADOS E DISCUSSÕES

Neste tópico serão apresentados os resultados obtidos no estudo dos coagulantes, cujo objetivo é a seleção do coagulante e as condições operacionais (concentração e pH); e os resultados referentes às corridas experimentais nas unidades piloto de flotação e filtração, utilizadas como etapa complementar do tratamento.

4.1 Discussão do estudo de coagulantes

Na primeira fase do estudo, foram realizados vários ensaios até se obter a melhor concentração de cada coagulante. Os testes foram iniciados com o coagulante sulfato de alumínio a 100 mg/L, verificando-se a necessidade de aumentar a concentração para uma melhor clarificação e com base em resultados obtidos em estudos anteriores por titulação com efluente semelhante pode-se fazer aproximações para se obter as faixas dos outros coagulantes.

Em todos os ensaios não houve correção de pH, visto que o pH do efluente (5,3 – 5,5) já se encontra dentro da faixa de atuação dos coagulantes utilizados, conforme anteriormente descrito na revisão bibliográfica.

A Tabela 4 apresenta os resultados de turbidez do efluente coagulado e após flotação espontânea dos flocos para os diferentes coagulantes utilizados, sendo apresentado: o volume da dosagem; a concentração do coagulante; e o pH da solução após a adição do coagulante. Nesta tabela, as concentrações em negrito são as que apresentaram melhor eficiência na clarificação do efluente, para cada coagulante utilizado, tendo sido obtido reduções acima de 98 %. O efluente bruto apresenta turbidez de 4410 NTU.

Tabela 4. Resultados de turbidez nos ensaios de Jar Test para diferentes coagulantes

Coagulante	Dosagem (mL)	Concentrações (mg/L)	pH	Turbidez (NTU)
Sulfato de alumínio	19	110,6	3,7	81,8
	20	116,4	3,7	57,3
	21	122,2	3,7	82,1
	22	128,0	3,7	92,0
Sulfato férrico	7	11,0	3,7	161
	8	14,7	3,5	58,8
	9	18,3	3,4	71,5
	10	22,0	3,3	120
Cloreto férrico	17	42,5	3,7	124
	18	45,0	3,5	64
	19	47,5	3,5	68,4
	20	50,0	3,4	79,2
Policloreto de alumínio	11	14,3	4,0	51,6
	12	15,6	4,0	46,2
	13	17,0	4,0	39,9
	14	18,2	4,0	89,6

Conforme esperado, a eficiência da coagulação não está relacionada de forma proporcional a concentração do coagulante no efluente, visto que (em todas as faixas) após uma determinada concentração ocorre uma inversão das cargas eletrostáticas das partículas, retornando o efluente a ficar turvo, Figura 13.

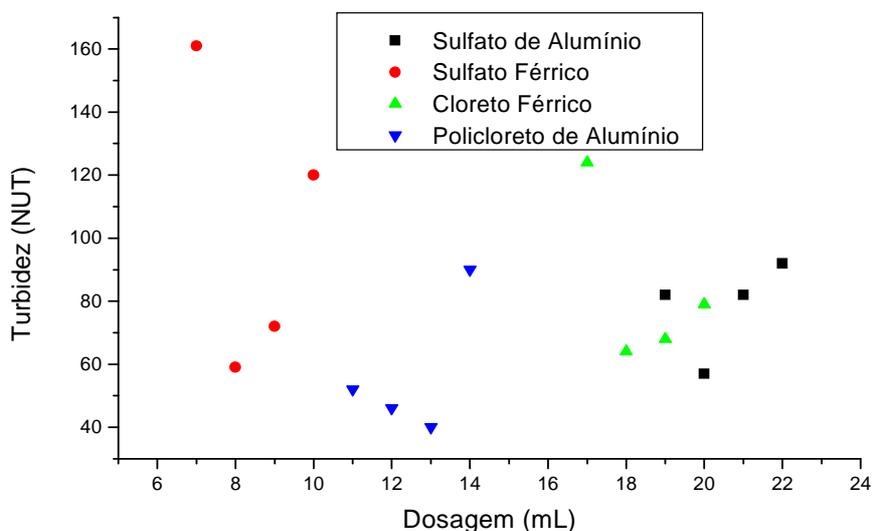


Figura 13. Variação da turbidez em função da dosagem de coagulante

A partir dos resultados obtidos na primeira fase do estudo de coagulantes, foi iniciada a segunda fase do estudo, na qual os ensaios de Jar Test foram realizados com os coagulantes nas seguintes concentrações: 116,4 mg/L de sulfato de alumínio; 17,0 mg/L de policloreto de alumínio; 14,7 mg/L de sulfato férrico; e 45,0 mg/L de cloreto férrico, dosados em 1L do efluente.

Na segunda fase, a eficiência da ação de cada coagulante foi avaliada analiticamente através das análises de demanda química de oxigênio (DQO) e teor de óleos e graxas (TOG).

Todos os agentes coagulantes utilizados apresentaram-se eficientes no tratamento do efluente sintético, destacando-se o desempenho do sulfato férrico, com redução de cerca de 66 % de DQO e 98 % de TOG, e do policloreto de alumínio, que obteve redução de cerca de 60 % de DQO e 97 % de TOG, Tabela 5.

Tabela 5. Resultados das análises de DQO e TOG após ensaios em Jar Test

Coagulante	pH	TOG	DQO
Efluente bruto	5,3	1575	894
Sulfato de alumínio	3,7	140	403
Sulfato férrico	3,7	25	300
Cloreto férrico	3,6	66	376
Policloreto de alumínio	4,0	41	361

Visualmente, o sulfato férrico também se mostrou mais eficiente que os outros agentes coagulantes, Figura 14.



Figura 14. Resultado da coagulação após cinco minutos de repouso.
1-Sulfato férrico; 2-Sulfato de alumínio; 3-Policloreto de alumínio;
4-Cloreto férrico; B-efluente sintético (bruto)

Apesar dos bons resultados obtidos com o uso dos coagulantes, referente às reduções de TOG e DQO, segundo as normas de emissão de efluentes estabelecidas pelo Instituto do Meio Ambiente (IMA), através do Decreto nº 6.200/1985, os padrões de emissão de efluentes no estado de Alagoas não devem ultrapassar 20mg/L em relação ao TOG e 150mg/L em relação à DQO. Portanto, faz-se necessária a utilização de um tratamento complementar à coagulação, a fim de enquadrar o efluente para descarte em corpos receptores, de acordo com a legislação ambiental.

4.2 Discussão dos testes de flotação

Os testes de flotação foram realizados em duas distintas configurações:

Configuração 1: altura de 20 cm, vazão de ar 0,35 L/h; e

Configuração 2: altura de 30 cm, vazão de ar 0,50 L/h

O coagulante usado nesta etapa do trabalho foi o sulfato férrico a 10 % v/v, na concentração de 28,6 mg/L, não só por causa de seu desempenho na etapa de bancada mais também por questões econômicas. Pois o sulfato férrico em relação ao policloreto de alumínio (que também teve um bom desempenho na clarificação do efluente) além de ser mais barato, pode produzir um lodo mais interessante para esse tipo de indústria, podendo esse resíduo ser aproveitado na produção de subprodutos, como por exemplo, em rações para animais

Para alimentação do flotador foi utilizada a camada inferior do tanque de floculação, constituída de um líquido mais clarificado, porém, não isento de óleo e de pequenas partículas não flotadas.

A Tabela 6 apresenta os resultados de TOG e DQO das amostras coletadas à entrada e saída do flotador nas duas configurações testadas. Nesta tabela, **B**, representa o efluente bruto; **C** o efluente após coagulação e repouso de 5 minutos para a flotação dos flocos maiores; **A** e **S**, a alimentação e a saída do flotador, respectivamente. As amostras foram coletadas a cada 30 minutos na configuração 1 e a cada 20 minutos na configuração 2.

Tabela 6. Resultados de DQO e TOG nas duas configurações do flotador

Coletas	Configuração 1			Configuração 2		
	Tempo (min)	TOG (ppm)	DQO (ppm)	Tempo (min)	TOG (ppm)	DQO (ppm)
B		1600	925		1650	900
C		35,1	342		56,1	326
A	0	12,8	268	0	24,5	286
S		15,9	278		23,7	278
A	30	11,0	272	20	17,4	268
S		10,9	251		15,7	285
A	60	12,7	226	40	15,1	—
S		—	256		11,6	267

O processo de coagulação mostrou-se eficiente, apresentando em média, percentuais de remoção de 63 % em relação à DQO e 97% em relação ao TOG. Após a coagulação foi observada, visualmente, a formação de uma lama, com aspecto aproximado a nata do leite, não compacta, sendo provavelmente composta de óleo e proteínas do leite já coaguladas.

No processo de flotação, as coletas foram iniciadas após o enchimento do flotador (aproximadamente 40 minutos para a configuração 1 e aproximadamente 55 minutos para a configuração 2), observou-se através das análises de TOG na alimentação que nesse intervalo de tempo o óleo e a graxa contidos no efluente, após coagulação, flotaram de forma espontânea ainda no tanque de coagulação em mais de 50 %.

Após a flotação, o teor de óleo e graxas – TOG apresentou uma pequena redução, uma vez na alimentação o TOG já era inferior a 20 ppm, faixa aceitável para descarte de efluente líquido em corpos receptores, tanto pela legislação federal, como pela estadual. Com relação à DQO, houve uma redução significativa na etapa de coagulação, porém sem redução após a etapa de flotação, mantendo-se bem acima do limite de 150 ppm, determinado pela legislação estadual, para descarte de efluente líquido em corpos receptores.

Assim sendo, como os testes de flotação aplicados ao efluente lácteo, não se mostraram promissores para redução de TOG e DQO, na faixa de concentração do efluente estudado, optou-se em utilizar o processo de separação por filtração.

4.3 Discussão dos testes de filtração

Os experimentos na unidade piloto de filtração foram realizados em duas baterias, as quais utilizaram o mesmo meio filtrante (areia) em duas diferentes faixas de granulometria: 1,00 - 0,84 mm e 0,59 – 0,42 mm.

Em cada bateria foram realizados três experimentos, sem substituição do meio filtrante e sem retrolavagem.

Na primeira bateria de experimentos foram coletadas amostras para análises de DQO e TOG, na entrada e saída do filtro, nos tempos 0 (início), 15, 30 e 45 minutos de operação.

Os resultados das análises de DQO estão apresentados na Tabela 7, correspondendo à Figura 15. Nesta tabela, bem como nas demais, **A** e **S** representam as amostras coletadas na alimentação e na saída do filtro, respectivamente; **P** a pressão; e **V** a vazão em cada experimento. A pressão foi medida no topo do filtro e representa a perda de carga resultante da saturação do meio filtrante. O efluente bruto apresentou uma DQO de aproximadamente 900 ppm e, após coagulação, a DQO foi de 300 a 500 ppm.

Tabela 7. Resultados de DQO (ppm) na 1ª bateria de experimentos de filtração

Experimento	1°		2°		3°	
	P = 0,5 Kgf / cm ² V = 77 L/h		P = 0,6 Kgf / cm ² V = 66,7 L/h		P = 0,7 Kgf / cm ² V = 66,7 L/h	
Tempo (min) /Amostra	A	S	A	S	A	S
t = 0	528	256	317	250	528	265
t = 15	493	235	339	195	533	273
t = 30	550	328	330	184	539	339
t = 45	506	—	331	229	503	368
Eficiência média (%)	48		35		41	

— possível erro de leitura ou contaminação da amostra

No 1°, 2° e 3° experimentos a eficiência média foi de 48 %, 35 % e 41 %, respectivamente, em relação à demanda química de oxigênio.

Foi observada a variação da DQO na alimentação, sendo a média no 1° e 2° experimentos de 519 ppm e 329 ppm, respectivamente. Esta diferença deve-se, provavelmente, devido à sensibilidade do processo de coagulação (etapa anterior à filtração).

De acordo com a legislação estadual, Decreto 6.200, a DQO máxima permitida para descarte em corpos receptores é de 150 ppm, tendo sido obtida, após a filtração, uma faixa de 190 a 370 ppm, havendo a necessidade de aumentar a eficiência da filtração pelo aumento da camada filtrante.

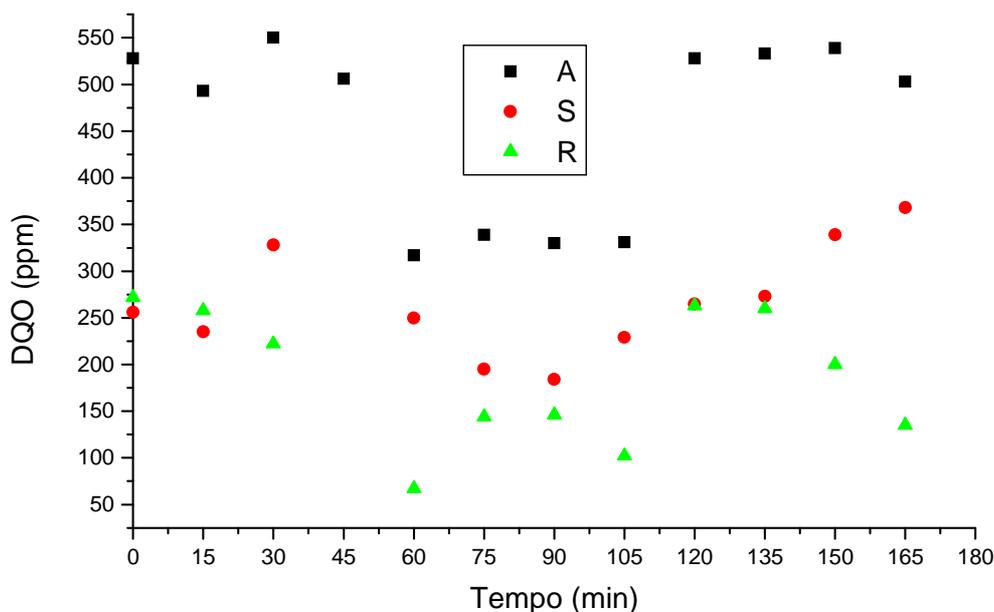


Figura 15. Resultados de DQO na 1ª bateria dos experimentos de filtração

A Figura 15 apresenta os valores de demanda química de oxigênio na alimentação (A), na saída (S) e a remoção (R), em ppm, em função do tempo, referente aos três experimentos. Tanto nesta figura, como nas demais, os resultados foram agrupados em seqüência, visto que de um experimento para outro não houve substituição nem retrolavagem do meio filtrante utilizado. Portanto, do tempo 0 (zero) a 45 minutos estão os registros do 1º experimento; de 60 a 105 minutos os do 2º experimento; e, de 120 a 165 minutos os do 3º experimento. Nesta figura, em todos os experimentos a remoção da DQO foi baixa.

A Tabela 8 apresenta os resultados das análises de TOG, correspondendo à Figura 16. O efluente bruto apresentou um TOG de aproximadamente de 1600 ppm e, após coagulação, este valor variou entre 50 a 100 ppm.

Tabela 8. Resultados de TOG (ppm) na 1ª bateria de experimentos de filtração

Experimento	1° P = 0,5 Kgf / cm ² V = 77 L/h		2° P = 0,6 Kgf / cm ² V = 66,7 L/h		3° P = 0,7 Kgf / cm ² V = 66,7 L/h	
	A	S	A	S	A	S
Tempo (min) /Amostra						
t = 0	104	21,8	56,3	27,9	94,9	18,7
t = 15	—	—	54,2	13,6	79,9	14,8
t = 30	113	46,2	50,0	20,1	—	—
t = 45	93,1	49,5	65,7	22,8	95,5	39,0
Eficiência média (%)	62		64		73	

— possível erro de leitura ou contaminação da amostra

Nesta Tabela, em algumas análises da saída do filtro, o TOG obtido ficou abaixo do máximo permitido, de 20 ppm, para descarte nos corpos receptores, segundo o Decreto estadual 6.200. Pode-se observar que a eficiência média cresceu no decorrer dos experimentos, sendo obtida, no segundo experimento, uma remoção de 64 %, apresentando valores próximos ao estabelecido para o descarte. Neste caso, os resultados se tornam ainda mais significativos ao observar que a concentração de óleos e graxas na alimentação foi relativamente baixa e, mesmo assim, houve uma boa remoção.

Em geral, esses experimentos mostraram que a eficiência da filtração na remoção do teor de óleos e graxas está diretamente relacionada à eficiência da coagulação, etapa anterior, uma vez que, quanto menor o TOG da alimentação, menor o TOG na saída do filtro.

Os valores de DQO e TOG na alimentação da unidade de filtração variaram de um experimento para o outro, provavelmente devido à eficiência da etapa de coagulação, a qual pode ser influenciada pela qualidade da água, temperatura, agitação e outros fatores.

A Figura 16 apresenta os valores do TOG da alimentação e saída (filtrado), além da remoção do TOG, todos em ppm, nos mesmos intervalos de tempos utilizados na Figura 15. Os resultados foram agrupados em seqüência, visto que de um experimento para outro não houve substituição nem retrolavagem do meio filtrante utilizado.

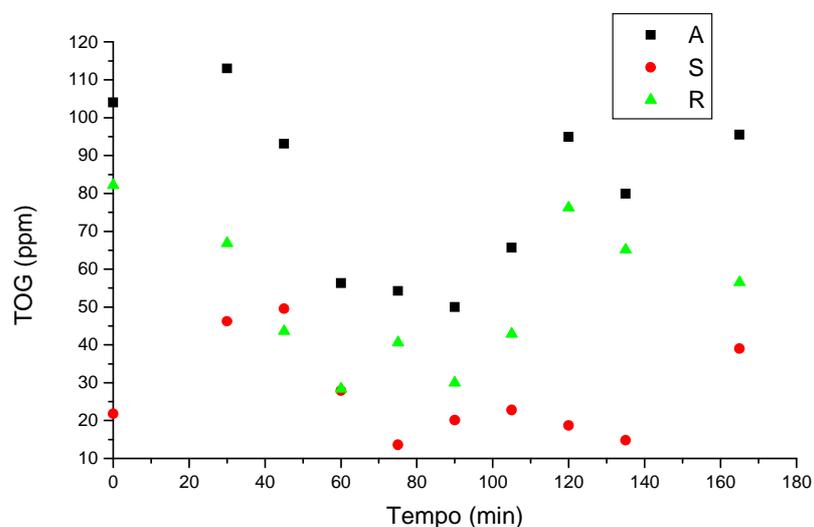


Figura 16. Resultado de TOG na 1ª bateria de experimentos de filtração

Os resultados dos experimentos foram melhores em relação à remoção de TOG, Figura 16, que em relação à remoção de DQO, Figura 15, uma vez que a curva (R) que representa a remoção está mais próxima à curva (A) que representa a alimentação.

Na segunda bateria de experimentos, utilizando como meio filtrante, areia com uma menor granulometria, 0,59 a 0,42 mm, foram coletadas amostras para análises de DQO, TOG e turbidez na alimentação e na saída do filtro, nos tempos 0 (início), 15, 30 e 45 minutos de operação.

Os resultados das análises de DQO são apresentados na Tabela 9, correspondendo à Figura 17. O efluente bruto apresentou uma DQO de aproximadamente 900 ppm e, após coagulação, este valor foi reduzido, variando entre 300 a 500 ppm.

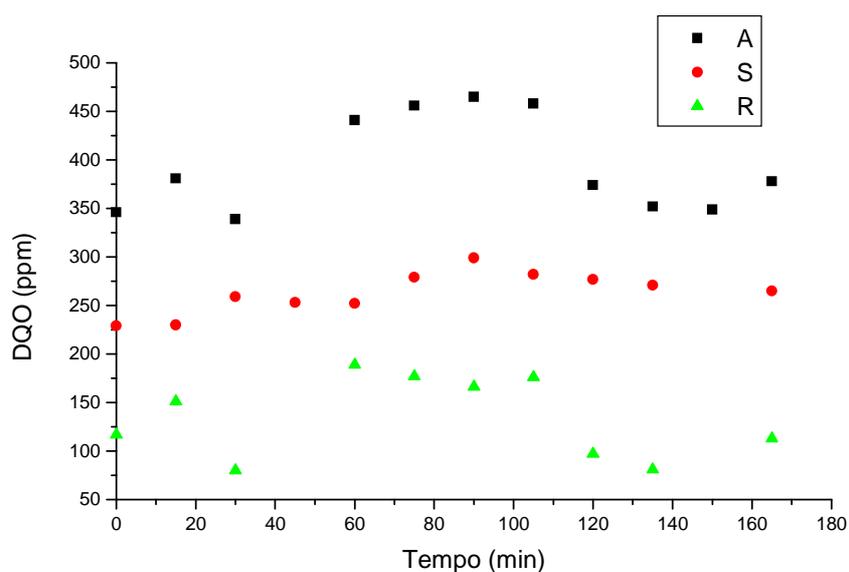
Tabela 9. Resultados de DQO (ppm) na 2ª bateria de experimentos de filtração

Experimento	1° P = 0,6 Kgf / cm ² V = 91 L/h		2° P = 0,6 Kgf / cm ² V = 66,7 L/h		3° P=0,75 Kgf / cm ² V = 77 L/h	
	A	S	A	S	A	S
Tempo (min) /Amostra						
t = 0	346	229	441	252	374	277
t = 15	381	230	456	279	352	271
t = 30	339	259	465	299	349	—
t = 45	—	253	458	282	378	265
Eficiência média (%)	32		39		25	

— possível erro de leitura ou contaminação da amostra

Nesta segunda bateria de experimentos, a eficiência média de remoção de DQO, referentes aos três experimentos foi de 32 %, 39 % e 25 %, respectivamente, apresentando resultados inferiores aos obtidos na primeira bateria de experimentos. Portanto, a redução da granulometria do meio filtrante diminui a eficiência do processo de filtração em relação à redução da demanda química de oxigênio.

A Figura 17 apresenta os valores de DQO na alimentação (A), saída (S) e remoção (R) em ppm, ao longo dos experimentos, podendo-se, através da curva de remoção (R), observar a baixa eficiência de remoção de DQO nos três experimentos.

**Figura 17. Resultado de DQO na 2ª bateria de experimentos de filtração**

Os resultados das análises de TOG encontram-se na Tabela 10, correspondendo a Figura 18. O efluente bruto apresentou um TOG de aproximadamente 1600 ppm e após a coagulação na faixa de 50 a 100 ppm.

Tabela 10. Resultados de TOG (ppm) na 2ª bateria de experimentos de filtração

Experimento	1° P = 0,6 Kgf / cm ² V = 91 L/h		2° P = 0,6 Kgf / cm ² V = 66,7 L/h		3° P=0,75 Kgf / cm ² V = 77 L/h	
	A	S	A	S	A	S
Tempo (min)/Amostra						
t = 0	38,3	2,6	159	3,4	36	6,1
t = 15	38,1	0,5	140	11	33	8,2
t = 30	39,6	1,3	71,6	18,3	35,7	—
t = 45	44,1	8,2	84,9	15,1	41,2	7,7
Eficiência média (%)	89		88		77	

— possível erro de leitura ou contaminação da amostra

Pode-se observar que em todas as análises de TOG na saída do filtro, este parâmetro ficou abaixo do limite para descarte (20 ppm) estabelecido pelo Decreto estadual 6.200, para descarte em corpos de água.

As eficiências da filtração foram de 89%, 88% e 77%, para o 1º, 2º e 3º experimento, respectivamente. Mesmo para baixas concentrações de TOG na alimentação, como no caso do 1º e 3º experimentos, a filtração foi eficiente. Comparando-se esses resultados com os da 1ª bateria, observa-se que, considerando-se a mesma faixa de vazão, a redução da granulometria do meio filtrante aumentou a eficiência de remoção do TOG de 63% para 85%, no processo de filtração.

A Figura 18 mostra graficamente o TOG destes experimentos, podendo-se perceber a eficiência de remoção pela aproximação das curvas da alimentação (A) e da remoção (R).

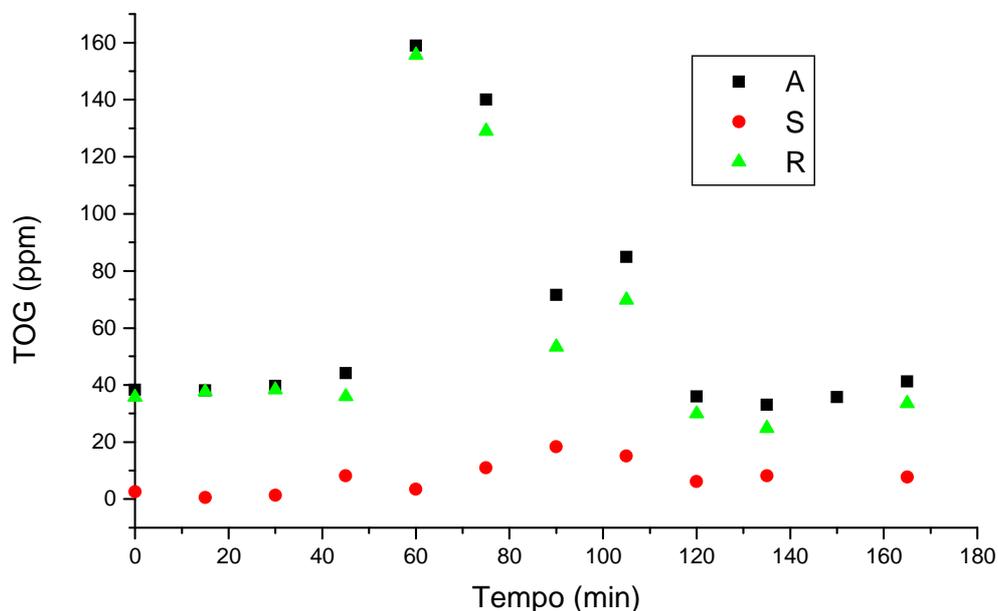


Figura 18. Resultados de TOG (ppm) na 2ª bateria de experimentos de filtração

Nestes experimentos também foi analisada a turbidez na alimentação e saída do filtro. Os resultados das análises de turbidez são apresentados na Tabela 11, correspondendo a Figura 19. O efluente bruto apresentou uma turbidez de aproximadamente de 4410 NTU.

Tabela 11. Resultados de turbidez (NTU) na 2ª bateria de experimentos de filtração

Experimento	1° P = 0,6 Kgf / cm ² V = 91 L/h		2° P = 0,6 Kgf / cm ² V = 66,7 L/h		3° P=0,75 Kgf / cm ² V = 77 L/h	
	A	S	A	S	A	S
t = 0	73,3	11,0	113	12,1	66,9	15,9
t = 15	70,9	11,3	113	24,1	66,0	17,2
t = 30	69,6	14,0	131	37,2	70,0	—
t = 45	82,5	22,6	136	31,4	76,9	18,2
Eficiência média (%)	80		79		76	

— possíveis erro de leitura ou contaminação da amostra

Como esperado, a etapa de coagulação, anterior a filtração, reduziu a turbidez em cerca de 98%. O processo de filtração conseguiu reduzir a turbidez remanescente em aproximadamente 78%.

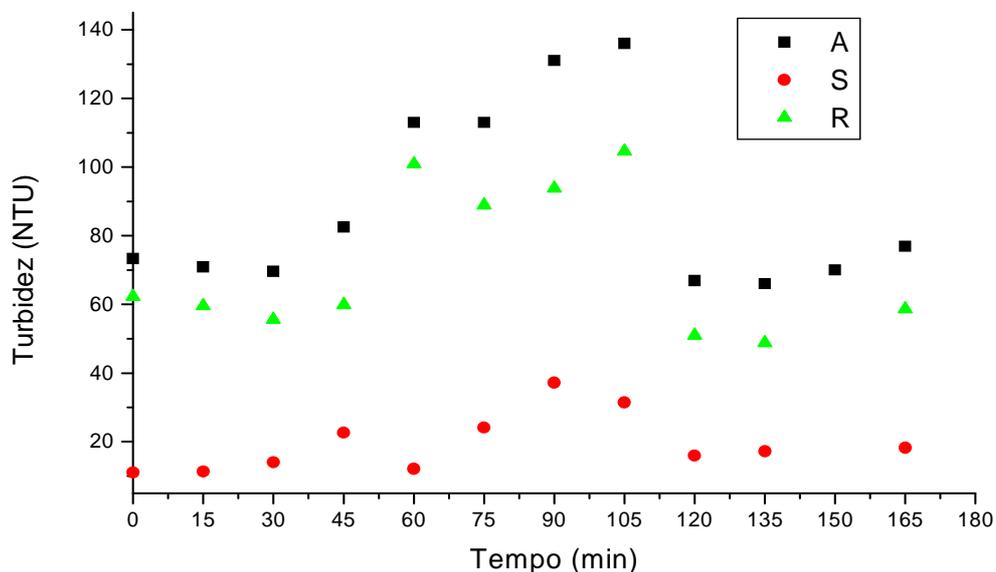


Figura 19. Turbidez na 2ª fase dos experimentos de filtração

Ao analisar a Figura 19, pode-se observar a eficiência da filtração na remoção de turbidez através da aproximação das curvas de alimentação (A) e remoção (R) dos três experimentos realizados, sendo os resultados do 1º experimento apresentados de 0 a 45 minutos, o 2º de 60 a 105 e o 3º de 120 a 165 minutos de operação.

Nas duas etapas dos testes de filtração, o meio filtrante mostrou-se eficiente pois com uma massa de menos de 1 Kg (996,4 g) não atingiu a saturação mesmo após a passagem de aproximadamente 270 L do efluente floculado em cada etapa.

Os testes de filtração que apresentaram melhores resultados em relação à redução de DQO foram os realizados com maior faixa granulométrica da areia (1,00 – 0,84 mm, o que corresponde a 18 e 20 mesh, respectivamente). Em relação à redução de TOG os melhores resultados obtidos foram os realizados com a areia com menor faixa granulométrica (0,59 – 0,42 mm, o que corresponde a 28 e 35 mesh, respectivamente). Contudo, os experimentos mostram a possibilidade de melhores resultados utilizando-se areia com uma faixa granulométrica maior, contemplando-se uma maior diversidade de grãos.

5 CONCLUSÕES

Com base nos resultados obtidos neste estudo, podemos chegar as seguintes conclusões:

Dentre os coagulantes estudados (sulfato de alumínio; policloreto de alumínio; sulfato férrico; e cloreto férrico), o sulfato férrico foi o que apresentou o melhor desempenho no processo de tratamento do efluente sintético da indústria de processamento de coco em termos TOG e DQO nos ensaios de bancada (*Jar Test*).

Na unidade de flotação, a redução do teor de óleo e graxas – TOG apresentou uma redução insignificante, uma vez que na alimentação o TOG já era inferior a 20 ppm. E com relação à DQO, praticamente não houve redução após a etapa de flotação, mantendo-se bem acima do limite para descarte de 150 ppm. Portanto, a flotação por ar induzido aplicados ao efluente, não se mostrou eficiente na redução de TOG e DQO, na faixa de concentração do efluente estudado;

Com relação à filtração, os valores de DQO e TOG na alimentação variaram de um experimento para o outro, provavelmente devido à eficiência da etapa de coagulação, a qual pode ser influenciada pela qualidade da água, temperatura, agitação e outros fatores. Para a filtração, os melhores resultados obtidos em relação à redução de DQO foram os realizados com a maior faixa granulométrica da areia (1,00 – 0,84 mm), obtendo-se em média eficiência de 41%; e em relação à redução de TOG, os melhores resultados foram obtidos com a menor faixa granulométrica da areia (0,59 – 0,42 mm), com eficiência média de 85 %.

6 SUGESTÕES

Em função das dificuldades e resultados obtidos neste trabalho, são feitas as seguintes sugestões para a realização de trabalhos futuros:

Otimizar a etapa de coagulação através de controladores de pH, possibilitando uma maior estabilidade do processo;

Realizar estudos em outras configurações de flotador utilizando-se ar induzido ou dissolvido;

Estudar a filtração utilizando outros meios filtrantes, como por exemplo, fibra de coco e bagaço de cana-de-açúcar. E analisar o desempenho do processo através da taxa de filtração, perda de carga e tempo de campanha.

7 REFERÊNCIAS

ABREU, F. A. P., ROSA, M. F., Aproveitamento industrial do coco seco, In: Aragão, Wilson Menezes. (Org.). *Coco Pós-Colheita*. 01 ed., Brasília: Embrapa Informação Tecnológica, v. 01, p. 58-65, 2002.

ÁGUA: TRATAMENTO E QUALIDADE. AMERICAN WATER WORKS ASSOCIATION. Cento de Aplicações Técnicas da Aliança. Missão Norte-Americana de Cooperação Econômica e Técnica no Brasil – USAID. Rio de Janeiro, 1964.

AL-SHAMRANI, A. A., JAMES, A., XIAO, H. Destabilisation of oil-water emulsions and separation by dissolved air flotation. *Water Research*, n. 36, p. 1503-1512, 2002.

ARAGÃO, W. M. O potencial do coqueiro híbrido para cocoicultura brasileira. Disponível em <http://riomar.cpatc.embrapa.br/index.php?idapagina=artigos&artigo=1130>. Acesso em: 07/03/2004.

ARAGÃO, W.M., RIBEIRO, F. E., TUPINAMBÁ, E. A., SIQUEIRA, E. R. Variedades e híbridos do coqueiro, In: Aragão, Wilson Menezes. (Org.). *Coco Pós-Colheita*. 01 ed., Brasília: Embrapa Informação Tecnológica, v. 01, p. 58-65, 2002.

CALLADO, N. H. e PAULA JR. Gerenciamento de resíduos de uma indústria de processamento de coco - estudo de caso – in: 19º Congresso Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental, Rio de Janeiro, RJ, *Anais em 'CD-ROM' II-067*, 1999.

CARVALHO, J. M., MAIA, G. A., SOUSA, P. H. M., JR MAIA, G. A. Água-de-coco: propriedades nutricionais, funcionais e processamento. *Seminário: Ciências Agrárias*, Londrina, v.27, n. 3, p. 437-452, jul./ set. 2006.

CLESCERI, L. S., GREENBERG, A. E., EATON, A. D. Standard Methods for the examination of waster and wasterwater. 20ª edition. Washington, American Public Health Association, 1998.

CONAMA 357/05, 2005, Resolução do Conselho Nacional do Meio Ambiente, CONAMA Nº 357.

COUTO, H. J. B., Tratamento de efluente através da flotação por ar dissolvido. *Dissertação de Mestrado* - Universidade Federal do Rio de Janeiro, COPPE, 2003.

CRESPILHO, F. N., SANTANA, C. G., REZENDE, M. O. tratamento de efluente da indústria de processamento de coco utilizando eletroflotação. *Quim. Nova*, Vol. 27, n. 3, p. 387-392, 2004.

CUENCA, M A. G. Importância econômica do coqueiro. In: FERREIRA, J. M. S.; ARWICK, D. R. N.; SIQUEIRA, L. A. (Ed.). *A cultura do coqueiro no Brasil*. 2.ed. Brasília: Embrapa - Serviço de Produção de Informação, p.17-56, 1998.

CUENCA, M A. G., RESENDE, J. M., JÚNIOR, O. J. S., REIS, C. S. Mercado brasileiro do coco: situação atual e perspectivas. In: ARAGÃO, W. M. (Ed). *Coco: pós-colheita*, Brasília: Embrapa Informação Tecnologia, p.18 (Série Frutas do Brasil, n.29), 2002.

DI BERNADO, L. Tratamento de águas de abastecimento por filtração em múltiplas etapas. Rio de Janeiro, ABES/PROSAB, 1999.

DI BERNADO, L., DANTAS, A. D. B. *Métodos e Técnicas de Tratamento de Água*, segunda edição, São Carlos - SP, RiMa, v.1, 2005.

DI BERNADO, L., *Métodos e Técnicas de Tratamento de Água*, Rio de Janeiro, ABES, v.1, 1993.

FREMOND, Y., ZILLER, R. e LAMOTHE, M. N. *El Cocotero*, 1ª edição, Barcelona: Editorial Blume, 1969.

GUERREIRO, L. Alimentos e bebidas. Serviço de Respostas Técnicas, Disponível em <http://www.sbirt.ibict.br>. Acesso em 29 de jun. de 2007.

IMA – Instituto do Meio Ambiente. Decreto sobre medidas de proteção ambiental na área de implantação do Pólo Cloroquímico de Alagoas e outras providências – Decreto 6.200. Alagoas, 1985, p.3. Disponível em: <http://www.ima.al.gov.br/legislacao/decretosestaduais/Decreto%20nb0%206.200_85.pdf> Acesso em: 02 jan. 2009.

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

JORNAL GAZETA DE ALAGOAS. Cultura do coco agoniza em Alagoas. Gazeta de Alagoas, Caderno Municípios, p D13, 30 de março de 2008.

LETTERMAN, R. D., AMIRTHARAJAH, A. e O'MELIA, C. R. Coagulation and flocculation. In: LETTERMAN, R. D. *Water Quality and Treatment*, fifth edition, United States of América, 1999.

LIBÂNIO, M., PEREIRA, M. M., VORCARO, B. M., REIS, R. C., HELLER, L. Avaliação do Emprego de Sulfato de Alumínio e do Cloreto Férrico na Coagulação de Águas naturais de Turbidez média e Cor elevada. 19º Congresso Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental, Rio de Janeiro, RJ, *Anais em 'CD-ROM' II-067*, 1999.

MANCUSO, P. C. S., SANTOS, H. F., (editores). Reuso de água. Barueri, São Paulo. Editora Manole, 2003.

MARRARA, D. A. F. Filtração lenta em areia, manta não tecida e carvão ativado como pós-tratamento de efluentes domésticos e reuso. *Dissertação de Mestrado*, Faculdade de Engenharia Civil, Arquitetura e Urbanismo, Universidade Estadual de Campinas - SP, 2005.

MEYSSAMI, B., KASAEIAN, A. B. Use of coagulants in treatment of olive wastewater model solutions by induced air flotation. *Bioresource Technology*, n. 96, p. 303-307, 2005.

MONTEIRO, M do coco. . Um novo olhar para a cultura do coco. *Jornal O Povo*, Agronegócios, p.2. Fortaleza, 03 out. 2004.

MOTARJEMI, M. JAMESON, G. J. Mass transfer from very small bubbles – The bubble size for aeration. *Chem. Eng. Sci.* , n. 33, p. 1415, 1978.

MUÑOZ, M. E. S. Separação de óleos emulsificados por flotação não convencional. *Tese de Doutorado*, Faculdade de Engenharia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul - RS, 1998.

NEVES, I. P. Cultivo do Coco. *Dossiê Técnico*, Rede de Tecnologia da Bahia – RETEC/BA, Abril, 2007.

NUNES, J. A. Tratamento Físico-Químico de Águas Residuárias e Industriais, 4ª edição, Aracaju – SE, Gráfica Editora J. Andrade Ltda, 2004.

OLIVEIRA, R.C.G., Estudo de Variáveis Interfaciais e Operacionais na Flotação de Óleo por Gás Dissolvido. *Dissertação de Mestrado*, COPPE/UFRJ, Rio de Janeiro, RJ, Brasil, 1995.

PAVANELLI, G. Eficiência de Diferentes tipos de Coagulantes, Flocação e Sedimentação de Água com cor ou Turbidez elevada. *Dissertação de Mestrado*, Escola de Engenharia de São Carlos – Universidade de São Paulo, 2001.

PELEGRINI, N. N. B. Sistema de filtração lenta no tratamento de percolado do aterro sanitário de Limeira – SP. *Dissertação de Mestrado*, Faculdade de Engenharia Agrícola, Universidade Estadual de Campinas - SP, 2006.

PERRY & CHILTON. Manual de Engenharia Química. 5ª Ed. Guanabara Dois, 1980.

PINTO, A. P. Utilização de filtração direta ascendente em pedregulho como alternativa de pré-filtração em sistemas de dupla filtração. *Dissertação de Mestrado*, Faculdade de Engenharia Civil, Universidade Federal de Pernambuco - PE, 2006.

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

SANTANA, C.G. Remoção de óleos e graxas pelo processo de flotação por ar dissolvido em água residuária proveniente de indústria de processamento de coco. *Dissertação de Mestrado*, Escola de Engenharia de São Carlos – Universidade de São Paulo, 2002.

SANTANA, C.G. Investigação da eletrocoagulação acoplada a flotação por ar dissolvido para tratamento de efluente contendo óleos e graxas. *Tese de Doutorado*, Instituto de Química de São Carlos – Universidade de São Paulo, 2004.

SANTOS, A. C. Desenvolvimento de reatores eletroquímicos para o tratamento de água produzida de petróleo. *Dissertação de Mestrado*, Instituto de Química e Bioquímica – Universidade Federal de Alagoas, 2006.

SOLETTI J. I., SODRÉ, C. H. SILVA JÚNIOR M.L., CARVALHO S.H.V., The effect of operating variables in a dairy industry wastewater treatment using flotation column, 3RD Mercosur Congress on Process Systems Engineering, 1st Mercosur Congress on Chemical Engineering, Santa Fé – Argentina, v. 2, p 1303-1308, 2001.

SYLVESTRE, N. D., BYESEDÁ, J. J. Oil/water separation by induced-air flotation. *Society of Petroleum Engineers of AIME*, p. 579-590, 1980.

TONETTI, A. L. Pós-tratamento de efluente anaeróbio por filtros de areia. *Dissertação de Mestrado*, Faculdade de Engenharia Civil, Arquitetura e Urbanismo, Universidade Estadual de Campinas - SP, 2004.

TOSETTO, M. S. Tratamento terciário de esgoto sanitário para fins de reúso urbano. *Dissertação de Mestrado*, Faculdade de Engenharia Civil, Arquitetura e Urbanismo, Universidade Estadual de Campinas - SP, 2005.

VICTORINO, C. G. Produtos químicos. Serviço de Respostas Técnicas, Disponível em <http://www.sbrt.ibict.br>. Acesso em 5 de mar de 2008.

ZOUBOULIS, A. I., AVRANAS, A. Treatment of oil-in-water emulsions by coagulation and dissolved-air flotation. *Colloids and Surfaces. A: Physicochemical and Engineering Aspects*, n. 172, p. 153 -161, 2000.

ANEXOS

DECRETO Nº 6.200, DE 01 DE MARÇO DE 1985.⁽¹⁾**Estabelece medidas de proteção ambiental na área de implantação do Pólo Cloroquímico de Alagoas e dá outras providências.**

O GOVERNADOR DO ESTADO DE ALAGOAS, no uso das atribuições que lhe confere o inciso III do art. 59 da Constituição Estadual.

DECRETA:

Art. 1º - Os efluentes líquidos das indústrias implantadas ou que se venham a implantar no Pólo Cloroquímico de Alagoas, após tratamento, terão o oceano como destino final, através de emissário submarino, não sendo permitidos lançamentos diretos ou indiretos nos corpos d'água do Complexo Estuarino Lagunar Mundaú-Manguaba, bem como na zona de influência das descargas daquele estuário.

§ 1º - O tratamento dos efluentes líquidos deverá ser realizado em uma Central de Tratamento, devendo o efluente final tratado, obedecer aos padrões de emissão estabelecidos no Anexo I deste Decreto. ⁽²⁾

§ 2º - A localização do emissário submarino e o ponto de descarga deverão ser determinados após estudos ecológicos e oceanógrafos, de forma a que não haja alteração da qualidade da água do corpo receptor, conforme padrões estabelecidos no Anexo II do presente decreto. ⁽³⁾

Art. 2º - As águas pluviais, drenadas do Núcleo Básico do Pólo Cloroquímico de Alagoas, deverão ser reunidas na central de Tratamento, para lançamento no oceano, uma vez atendido os padrões de qualidade estabelecidos no Anexo I deste decreto.

Art. 3º - A porção terrestre do emissário de efluentes líquidos e os demais dutos de transporte de produtos químicos líquidos ou gasosos deverão dispor de mecanismos de segurança que venham a impossibilitar a ocorrência de impactos ambientais, gerando por rompimento de tubulações e acidentes similares.

Parágrafo único. Os projetos de emissário terrestre e de dutovias, que venham a ser implantados, deverão ser previamente analisados pela Coordenação do Meio Ambiente e submetidos à aprovação do Conselho Estadual de Proteção Ambiental.

Art. 4º - O transporte rodoviário de produtos químicos perigosos será normatizado através de resolução do CEPRAM, ouvidas as diretrizes técnicas emanadas da Coordenação do Meio Ambiente, e respeitada a legislação pertinente.

Art. 5º - Um sistema centralizado deverá ser implantado para coleta, transporte, tratamento e disposição final dos resíduos sólidos gerados no Pólo Cloroquímico de Alagoas.

Parágrafo único. Os resíduos sólidos de natureza tóxica, bem como os que contiverem substâncias inflamáveis, corrosivas, explosivas, radioativas e outras consideradas prejudiciais, que não dispuserem de tratamento a nível central, deverão ser adequadamente acondicionados no próprio local de produção e nas condições estabelecidas pela Coordenação do Meio Ambiente.

Art. 6º - São consideradas de preservação permanente, e portanto, imunes ao corte, queima, aterro e demais formas de degradação ambiental. a) a vegetação das encostas dos tabuleiros dos municípios de Marechal Deodoro, Coqueiro Seco, Santa Luzia do Norte, Satuba e Fernão Velho. b) os manguezais e as áreas inundáveis do Complexo Estuarino Lagunar Mundaú – Manguaba.

Parágrafo único. A destinação dos ambientes relacionados no “caput” deste artigo, a fins diversos de preservação ambiental, somente será permitida em pequena escala, após a autorização do Conselho Estadual de Proteção Ambiental, ouvida a Coordenação do Meio Ambiente, e desde que se trate de obra ou projeto de interesse público.

Art. 7º - É vedada a implantação de núcleos ou conjuntos habitacionais no tabuleiro compreendido entre o Rio Remédios, a estrada BR-316, a estrada de acesso à cidade de Pilar, a Lagoa Manguaba e o Canal de Dentro do Complexo Estuarino Lagunar Mundaú-Manguaba, excetuando-se aquele já implantado próximo à interseção das BR-316 e BR-424, proibida qualquer expansão ou majoração do número de unidades existentes.

Parágrafo único. A implantação de acampamentos provisórios, destinados exclusivamente ao abrigo de operários, durante a execução de obras civis, somente será permitida no canteiro de obras da indústria, devem do tais acampamentos ser desmobilizados imediatamente após a conclusão das obras.

Art. 8º - Os padrões estabelecidos no Anexo I do presente decreto, aplicar-se-ão igualmente às indústrias, no Estado de Alagoas, a serem implantadas, já implantadas, ou em expansão e que não integrem o Pólo Cloroquímico de Alagoas.

Art. 9º - O descumprimento do estabelecimento no presente decreto ensejará a aplicação de penalidades previstas na Lei nº 4.090, de 05 de dezembro de 1979, sem prejuízo das cominações estabelecidas pela Legislação Federal pertinente.

Art. 10 - Este Decreto entra em vigor na data de sua publicação revogadas as disposições em contrário.

(1) A Lei nº 4.686 de 05.09.85, praticamente repetiu as disposições do presente Decreto, manteve, porém os padrões de emissão.

(2) Vide o § 1º, art. 1º da Lei nº 4.686 de 05.09.85.

(3) Idem.

ANEXO I**Padrões de Emissão**

- a) pH entre 5 e 9
- b) temperatura inferior a 400 °C
- c) DBO5 a 20° < 60 mg/l
- d) DQO < 150 mg/l
- e) materiais sedimentáveis até 1ml/l com teste de 1 hora em cone Imhoff
- f) óleos e graxas – até 20ml/l
- g) valores máximos toleráveis das seguintes substâncias (em miligramas/litros):

Amônia	0,5 mg/l
Arsênio	0,1 mg/l
Alumínio	10,0 mg/l
Bário total	5,0 mg/l
Boro	5,0 mg/l
Cádmio	0,2 mg/l
Cianetos	0,2 mg/l
Chumbo total	0,2 mg/l
Cloro total	0,1 mg/l
Cromo hexavalente	0,1 mg/l
Cromo trivalente	1,0 mg/l
Estanho	4,0 mg/l
Fenóis 0,5 mg/l	0,5 mg/l
Ferro solúvel	15,0 mg/l
Fluoretos	10,0 mg/l
Manganês	1,0 mg/l
Merúrio total	0,002 mg/l
Níquel total	1,0 mg/l
Selênio total	0,05 mg/l
Sulfetos como H2S	1,0 mg/l
Sulfitos	1,0 mg/l
Zinco	1,0 mg/l
Compostos organofosforados e carbonatos totais em paration	0,1 mg/l
Sulfeto de carbono, tricloro etileno, tetracloreto de carbono, dicloroetileno e clorofórmio	1,0 mg/l
Tricloropropano	8,0 mg/l
Compostos organoclorados não listados acima	0,05 mg/l
Agentes tensoativos	2,0 mg/l
Outras substâncias em concentrações limites a serem fixadas pela CMA/SENERGAL, e aprovados pelo CEPRAM	

ANEXO II**Padrões do Corpo Receptor (Oceano)**

- a) materiais flutuantes: virtualmente ausentes
 b) óleos e graxas: virtualmente ausentes
 c) substâncias que produzem cor, odor e turbidez: virtualmente ausentes
 d) corantes artificiais: virtualmente ausentes
 e) substâncias que formam depósitos objetáveis: virtualmente ausentes
 f) substâncias e condições que facilitem a vida aquática indesejável: virtualmente ausentes
 g) DBO 5 a 20° C < 5 mg/l
 h) OD < 6 mg/l
 i) pH entre 6,5 e 8,5; não deve haver uma mudança no valor de que 0,2 unidades.
 j) Substâncias potencialmente prejudiciais (teores máximos):

Amônia	0,4 mg/l
Arsênio	0,05 mg/l
Alumínio	1,5 mg/l
Antimônio	0,2 mg/l
Bário total	1,0 mg/l
Berilo	1,5 mg/l
Boro	5,0 mg/l
Bromo	0,1 mg/l
Cádmio	0,005 mg/l
Cianetos	0,005 mg/l
Chumbo	0,01 mg/l
Cloro residual	0,01 mg/l
Cobre	0,05 mg/l
Cromo total	0,05 mg/l
Estanho	0,2 mg/l
Fenóis	0,001 mg/l
Ferro solúvel	0,3 mg/l
Fluoretos	1,4 mg/l
Manganês	0,1 mg/l
Mercúrio	0,0001 mg/l
Níquel	0,1 mg/l
Nitratos	10,0 mg/l
Nitritos	1,0 mg/l
Prata	0,005 mg/l
Selênio	0,01 mg/l
Substâncias tensoativas que reagem ao azul de metileno	0,5 mg/l
Sulfetos como H ₂ S	0,002 mg/l
Tálio	0,1 mg/l
Urânio	0,5 mg/l
Zinco	0,01 mg/l

Organoclorados (em microgramas/litros)

Aldrin	0,003 ug/l
Clordano	0,004 ug/l
Demeton	0,001 ug/l
Dieldrin	0,1 ug/l
Endossulfan	0,001 ug/l
Endrin	0,004 ug/l
Epóxido de Heptacoloro	0,001 ug/l
Heptacoloro	0,001 ug/l
Metoxicloro	0,03 ug/l
Lindano (gama-BHC)	0,004 ug/l
Mirex	0,001 ug/l
Gution	0,01 ug/l
Malation	0,1 ug/l
Paration	0,04 ug/l
Toxafeno	0,005 ug/l

Herbicidas (Microgramas/litros)

2,4 D	10,0 ug/l
2, 4, 5 T	10,0 ug/l
2, 4, 5 TP	10,0 ug/l
Compostos organofosforados ou carbamatos totais, em Paration	10,0 ug/l

OBS: No cálculo das concentrações máximas permissíveis, não serão consideradas vazões de efluentes líquidos obtidos através de diluição dos efluentes com água não poluída (por exemplo: água de abastecimento, ou água utilizada na refrigeração).

(D.O 02.03.85)



MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE
CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE-CONAMA

RESOLUÇÃO Nº 357, DE 17 DE MARÇO DE 2005

Dispõe sobre a classificação dos corpos de água e diretrizes ambientais para o seu enquadramento, bem como estabelece as condições e padrões de lançamento de efluentes, e dá outras providências.

O CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE-CONAMA, no uso das competências que lhe são conferidas pelos arts. 6º, inciso II e 8º, inciso VII, da Lei nº 6.938, de 31 de agosto de 1981, regulamentada pelo Decreto nº 99.274, de 6 de junho de 1990 e suas alterações, tendo em vista o disposto em seu Regimento Interno, e

Considerando a vigência da Resolução CONAMA nº 274, de 29 de novembro de 2000, que dispõe sobre a balneabilidade;

Considerando o art. 9º, inciso I, da Lei nº 9.433, de 8 de janeiro de 1997, que instituiu a Política Nacional dos Recursos Hídricos, e demais normas aplicáveis à matéria;

Considerando que a água integra as preocupações do desenvolvimento sustentável, baseado nos princípios da função ecológica da propriedade, da prevenção, da precaução, do poluidor-pagador, do usuário-pagador e da integração, bem como no reconhecimento de valor intrínseco à natureza;

Considerando que a Constituição Federal e a Lei nº 6.938, de 31 de agosto de 1981, visam controlar o lançamento no meio ambiente de poluentes, proibindo o lançamento em níveis nocivos ou perigosos para os seres humanos e outras formas de vida;

Considerando que o enquadramento expressa metas finais a serem alcançadas, podendo ser fixadas metas progressivas intermediárias, obrigatórias, visando a sua efetivação;

Considerando os termos da Convenção de Estocolmo, que trata dos Poluentes Orgânicos Persistentes-POPs, ratificada pelo Decreto Legislativo nº 204, de 7 de maio de 2004;

Considerando ser a classificação das águas doces, salobras e salinas essencial à defesa de seus níveis de qualidade, avaliados por condições e padrões específicos, de modo a assegurar seus usos preponderantes;

Considerando que o enquadramento dos corpos de água deve estar baseado não necessariamente no seu estado atual, mas nos níveis de qualidade que deveriam possuir para atender às necessidades da comunidade;

Considerando que a saúde e o bem-estar humano, bem como o equilíbrio ecológico aquático, não devem ser afetados pela deterioração da qualidade das águas;

Considerando a necessidade de se criar instrumentos para avaliar a evolução da qualidade das águas, em relação às classes estabelecidas no enquadramento, de forma a facilitar a fixação e controle de metas visando atingir gradativamente os objetivos propostos;

Considerando a necessidade de se reformular a classificação existente, para melhor distribuir os usos das águas, melhor especificar as condições e padrões de qualidade requeridos, sem prejuízo de posterior aperfeiçoamento; e

Considerando que o controle da poluição está diretamente relacionado com a proteção da saúde, garantia do meio ambiente ecologicamente equilibrado e a melhoria da qualidade de vida, levando em conta os usos prioritários e classes de qualidade ambiental exigidos para um determinado corpo de água; resolve:

Art. 1º Esta Resolução dispõe sobre a classificação e diretrizes ambientais para o enquadramento dos corpos de água superficiais, bem como estabelece as condições e padrões de lançamento de efluentes.

CAPÍTULO I DAS DEFINIÇÕES

Art. 2º Para efeito desta Resolução são adotadas as seguintes definições:

- I - águas doces: águas com salinidade igual ou inferior a 0,5 ‰;
- II - águas salobras: águas com salinidade superior a 0,5 ‰ e inferior a 30 ‰;
- III - águas salinas: águas com salinidade igual ou superior a 30 ‰;
- IV - ambiente lântico: ambiente que se refere à água parada, com movimento lento ou estagnado;
- V - ambiente lótico: ambiente relativo a águas continentais moventes;
- VI - aqüicultura: o cultivo ou a criação de organismos cujo ciclo de vida, em condições naturais, ocorre total ou parcialmente em meio aquático;
- VII - carga poluidora: quantidade de determinado poluente transportado ou lançado em um corpo de água receptor, expressa em unidade de massa por tempo;
- VIII - cianobactérias: microorganismos procarióticos autotróficos, também denominados como cianofíceas (algas azuis) capazes de ocorrer em qualquer manancial superficial especialmente naqueles com elevados níveis de nutrientes (nitrogênio e fósforo), podendo produzir toxinas com efeitos adversos a saúde;
- IX - classe de qualidade: conjunto de condições e padrões de qualidade de água necessários ao atendimento dos usos preponderantes, atuais ou futuros;
- X - classificação: qualificação das águas doces, salobras e salinas em função dos usos preponderantes (sistema de classes de qualidade) atuais e futuros;
- XI - coliformes termotolerantes: bactérias gram-negativas, em forma de bacilos, oxidase-negativas, caracterizadas pela atividade da enzima β -galactosidase. Podem crescer em meios contendo agentes tenso-ativos e fermentar a lactose nas temperaturas de 44° - 45°C, com produção de ácido, gás e aldeído. Além de estarem presentes em fezes humanas e de animais homeotérmicos, ocorrem em solos, plantas ou outras matrizes ambientais que não tenham sido contaminados por material fecal;
- XII - condição de qualidade: qualidade apresentada por um segmento de corpo d'água, num determinado momento, em termos dos usos possíveis com segurança adequada, frente às Classes de Qualidade;
- XIII - condições de lançamento: condições e padrões de emissão adotados para o controle de lançamentos de efluentes no corpo receptor;
- XIV - controle de qualidade da água: conjunto de medidas operacionais que visa avaliar a melhoria e a conservação da qualidade da água estabelecida para o corpo de água;
- XV - corpo receptor: corpo hídrico superficial que recebe o lançamento de um efluente;
- XVI - desinfecção: remoção ou inativação de organismos potencialmente patogênicos;
- XVII - efeito tóxico agudo: efeito deletério aos organismos vivos causado por agentes físicos ou químicos, usualmente letalidade ou alguma outra manifestação que a antecede, em um curto período de exposição;
- XVIII - efeito tóxico crônico: efeito deletério aos organismos vivos causado por agentes físicos ou químicos que afetam uma ou várias funções biológicas dos organismos, tais como a reprodução, o crescimento e o comportamento, em um período de exposição que pode abranger a totalidade de seu ciclo de vida ou parte dele;
- XIX - efetivação do enquadramento: alcance da meta final do enquadramento;
- XX - enquadramento: estabelecimento da meta ou objetivo de qualidade da água (classe) a ser, obrigatoriamente, alcançado ou mantido em um segmento de corpo de água, de acordo com os usos preponderantes pretendidos, ao longo do tempo;

XXI - ensaios ecotoxicológicos: ensaios realizados para determinar o efeito deletério de substâncias químicas a diversos organismos aquáticos;

XXII - ensaios toxicológicos: ensaios realizados para determinar o efeito deletério de substâncias químicas a diversos organismos visando avaliar o potencial de risco à saúde humana;

XXIII - *Escherichia coli* (*E. Coli*): bactéria pertencente à família Enterobacteriaceae pela atividade da enzima β -glicuronidase. Produz indol a partir do aminoácido triptofano. É membro do grupo dos coliformes termotolerantes cujo habitat exclusivo é o intestino humano e de outros animais, onde ocorre em densidades elevadas;

XXIV - metas: é o desdobramento do objeto em realizações físicas e atividades de gestão, em unidades de medida e cronograma preestabelecidos, de caráter obrigatório;

XXV - monitoramento: medição ou verificação de parâmetros de qualidade e quantidade que pode ser contínua ou periódica, utilizada para acompanhamento da condição e controle da qualidade do corpo de água;

XXVI - padrão: valor limite adotado como requisito normativo de um parâmetro de qualidade de água ou efluente;

XXVII - parâmetro de qualidade da água: substâncias ou outros indicadores representativos da qualidade da água;

XXVIII - pesca amadora: exploração de recursos pesqueiros com fins de lazer ou esporte;

XXIX - programa para efetivação do enquadramento: conjunto de medidas ou ações obrigatórias, necessárias ao atendimento das metas intermediárias e final de qualidade de qualidade de água para o enquadramento do corpo hídrico;

XXX - recreação de contato primário: contato direto e prolongado com a água (tais como banho de praia, esqui-aquático) na qual a possibilidade do banhista ingerir água é elevada;

XXXI - recreação de contato secundário: refere-se àquela associada a atividades em que o contato com a água é esporádico ou acidental e a possibilidade de ingerir água é pequena, como na pesca esportiva (tais como iatismo);

XXXII - tratamento avançado: técnicas de remoção e/ou inativação de constituintes que não são removidos pelos processos convencionais de tratamento, os quais podem conferir à água características, tais como cor, sabor, atividade tóxica ou patogênica;

XXXIII - tratamento convencional: clarificação com utilização de coagulação e floculação, desinfecção e correção de pH;

XXXIV - tratamento simplificado: clarificação por meio de filtração e desinfecção e correção de pH quando necessário;

XXXV - tributário (ou curso de água afluente): corpo de água que flui para um rio maior ou reservatório;

XXXVI - vazão de referência: vazão do corpo hídrico utilizada como base para o processo de enquadramento em vista o uso múltiplo das águas e a necessária articulação das instâncias do Sistema Nacional de Meio Ambiente-SISNAMA e do Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos-SINGRANH;

XXXVII - virtualmente ausentes: que não é perceptível pela visão, olfato ou paladar; e

XXXVIII - zona de mistura: região do corpo receptor onde ocorre a diluição inicial de um efluente;

CAPÍTULO II

DA CLASSIFICAÇÃO DOS CORPOS DE ÁGUA

Art.3º As águas doces, salobras e salinas do Território Nacional são classificadas, segundo o uso pretendido para os seus usos preponderantes, em treze classes de qualidade.

Parágrafo único. As águas de melhor qualidade podem ser aproveitadas em uso menos nobre desde que este não prejudique a qualidade da água, atendidos outros requisitos pertinentes.

Seção I Das Águas Doces

Art. 4º As águas doces são classificadas em:

I - classe especial: águas destinadas:

- a) ao abastecimento para consumo humano, com desinfecção;
- b) à preservação do equilíbrio natural das comunidades aquáticas; e,
- c) à preservação dos ambientes aquáticos em unidades de conservação de proteção integral.

II - classe 1: águas que podem ser destinadas:

- a) ao abastecimento para consumo humano, após tratamento simplificado;
- b) à proteção das comunidades aquáticas;
- c) à recreação de contato primário, tais como natação, esqui aquático e mergulho, conforme

Resolução CONAMA nº 274, de 2000;

d) à irrigação de hortaliças que são consumidas cruas e de frutas que se desenvolvam rentes ao solo e que sejam ingeridas cruas sem remoção de película; e

- e) à proteção das comunidades aquáticas em Terras Indígenas.

III - classe 2: águas que podem ser destinadas:

- a) ao abastecimento para consumo humano, após tratamento convencional;
- b) à proteção das comunidades aquáticas;
- c) à recreação de contato primário, tais como natação, esqui aquático e mergulho, conforme

Resolução CONAMA nº 274, de 2000;

d) à irrigação de hortaliças, plantas frutíferas e de parques, jardins, campos de esporte e lazer, com os quais o público possa vir a ter contato direto; e

- e) à aquicultura e à atividade de pesca.

IV - classe 3: águas que podem ser destinadas:

- a) ao abastecimento para consumo humano, após tratamento convencional ou avançado;
- b) à irrigação de culturas arbóreas, cerealíferas e forrageiras;
- c) à pesca amadora;
- d) à recreação de contato secundário; e
- e) à dessedentação de animais.

V - classe 4: águas que podem ser destinadas:

- a) à navegação; e
- b) à harmonia paisagística.

Seção II Das Águas Salinas

Art. 5º As águas salinas são assim classificadas:

I - classe especial: águas destinadas:

- a) à preservação dos ambientes aquáticos em unidades de conservação de proteção integral;
- b) à preservação do equilíbrio natural das comunidades aquáticas.

II - classe 1: águas que podem ser destinadas:

- a) à recreação de contato primário, conforme Resolução CONAMA nº 274, de 2000;

- b) à proteção das comunidades aquáticas; e
- c) à aqüicultura e à atividade de pesca.

III - classe 2: águas que podem ser destinadas:

- a) à pesca amadora; e
- b) à recreação de contato secundário.

IV - classe 3: águas que podem ser destinadas:

- a) à navegação; e
- b) à harmonia paisagística.

Seção II

Das Águas Salobras

Art. 6º As águas salobras são assim classificadas:

I - classe especial: águas destinadas:

- a) à preservação dos ambientes aquáticos em unidades de conservação de proteção integral;
- b) à preservação do equilíbrio natural das comunidades aquáticas.

II - classe 1: águas que podem ser destinadas:

- a) à recreação de contato primário, conforme Resolução CONAMA nº 274, de 2000;
- b) à proteção das comunidades aquáticas;
- c) à aqüicultura e à atividade de pesca;
- d) ao abastecimento para consumo humano após tratamento convencional ou avançado; e
- e) à irrigação de hortaliças que são consumidas cruas e de frutas que se desenvolvam rentes e sejam ingeridas cruas sem remoção de película, e à irrigação de parques, jardins, campos de recreação, com os quais o público possa vir a ter contato direto.

III - classe 2: águas que podem ser destinadas:

- a) à pesca amadora; e
- b) à recreação de contato secundário.

IV - classe 3: águas que podem ser destinadas:

- a) à navegação; e
- b) à harmonia paisagística.

CAPÍTULO III

DAS CONDIÇÕES E PADRÕES DE QUALIDADE DAS ÁGUAS

Seção I

Das Disposições Gerais

Art. 7º Os padrões de qualidade das águas determinados nesta Resolução estabelecem limites máximos admissíveis para cada substância em cada classe.

Parágrafo único. Eventuais interações entre substâncias, especificadas ou não nesta Resolução, poderão conferir às águas características capazes de causar efeitos letais ou alterações de comportamento, reprodução ou fisiologia da vida, bem como de restringir os usos preponderantes previstos no § 3º do art. 34, desta Resolução.

Art. 8º O conjunto de parâmetros de qualidade de água selecionado para subsidiar a fiscalização deverá ser monitorado periodicamente pelo Poder Público.

§ 1º Também deverão ser monitorados os parâmetros para os quais haja suspeita da sua presença ou não conformidade.

§ 2º Os resultados do monitoramento deverão ser analisados estatisticamente e as incertezas de medição consideradas.

§ 3º A qualidade dos ambientes aquáticos poderá ser avaliada por indicadores biológicos, quando apropriado, utilizando-se organismos e/ou comunidades aquáticas.

§ 4º As possíveis interações entre as substâncias e a presença de contaminantes não listados nesta Resolução, passíveis de causar danos aos seres vivos, deverão ser investigadas utilizando-se ensaios ecotoxicológicos, toxicológicos, ou outros métodos cientificamente reconhecidos.

§ 5º Na hipótese dos estudos referidos no parágrafo anterior tornarem-se necessários em decorrência da atuação de empreendedores identificados, as despesas da investigação correrão as suas expensas.

§ 6º Para corpos de água salobras continentais, onde a salinidade não se dê por influência direta marinha, os valores dos grupos químicos de nitrogênio e fósforo serão os estabelecidos nas classes correspondentes de água doce.

Art. 9º A análise e avaliação dos valores dos parâmetros de qualidade de água de que trata esta Resolução serão realizadas pelo Poder Público, podendo ser utilizado laboratório próprio, conveniado ou contratado, que deverá adotar os procedimentos de controle de qualidade analítica necessários ao atendimento das condições exigíveis.

§ 1º Os laboratórios dos órgãos competentes deverão estruturar-se para atenderem ao disposto nesta Resolução.

§ 2º Nos casos onde a metodologia analítica disponível for insuficiente para quantificar as concentrações dessas substâncias nas águas, os sedimentos e/ou biota aquática poderão ser investigados quanto à presença eventual dessas substâncias.

Art. 10. Os valores máximos estabelecidos para os parâmetros relacionados em cada uma das classes de enquadramento deverão ser obedecidos nas condições de vazão de referência.

§ 1º Os limites de Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO), estabelecidos para as águas doces de classes 2 e 3, poderão ser elevados, caso o estudo da capacidade de autodepuração do corpo receptor demonstre que as concentrações mínimas de oxigênio dissolvido (OD) previstas não serão desobedecidas, nas condições de vazão de referência, com exceção da zona de mistura.

§ 2º Os valores máximos admissíveis dos parâmetros relativos às formas químicas de nitrogênio e fósforo, nas condições de vazão de referência, poderão ser alterados em decorrência de condições naturais, ou quando estudos ambientais específicos, que considerem também a poluição difusa, comprovem que esses novos limites não acarretarão prejuízos para os usos previstos no enquadramento do corpo de água.

§ 3º Para águas doces de classes 1 e 2, quando o nitrogênio for fator limitante para eutrofização, nas condições estabelecidas pelo órgão ambiental competente, o valor de nitrogênio total (após oxidação) não deverá ultrapassar 1,27 mg/L para ambientes lênticos e 2,18 mg/L para ambientes lóticos, na vazão de referência.

§ 4º O disposto nos §§ 2º e 3º não se aplica às baías de águas salinas ou salobras, ou outros corpos de água em que não seja aplicável a vazão de referência, para os quais deverão ser elaborados estudos específicos sobre a dispersão e assimilação de poluentes no meio hídrico.

Art. 11. O Poder Público poderá, a qualquer momento, acrescentar outras condições e padrões de qualidade, para um determinado corpo de água, ou torná-los mais restritivos, tendo em vista as condições locais, mediante fundamentação técnica.

Art. 12. O Poder Público poderá estabelecer restrições e medidas adicionais, de caráter excepcional e temporário, quando a vazão do corpo de água estiver abaixo da vazão de referência.

Art. 13. Nas águas de classe especial deverão ser mantidas as condições naturais do corpo de água.

Seção II Das Águas Doces

Art. 14. As águas doces de classe 1 observarão as seguintes condições e padrões:

I - condições de qualidade de água:

a) não verificação de efeito tóxico crônico a organismos, de acordo com os critérios estabelecidos pelo órgão ambiental competente, ou, na sua ausência, por instituições nacionais ou internacionais renomadas, comprovado pela realização de ensaio ecotoxicológico padronizado ou outro método cientificamente reconhecido.

b) materiais flutuantes, inclusive espumas não naturais: virtualmente ausentes;

c) óleos e graxas: virtualmente ausentes;

d) substâncias que comuniquem gosto ou odor: virtualmente ausentes;

e) corantes provenientes de fontes antrópicas: virtualmente ausentes;

f) resíduos sólidos objetáveis: virtualmente ausentes;

g) coliformes termotolerantes: para o uso de recreação de contato primário deverão ser obedecidos os padrões de qualidade de balneabilidade, previstos na Resolução CONAMA nº 274, de 2000. Para os demais usos, não deverá ser excedido um limite de 200 coliformes termotolerantes por 100 mililitros em 80% ou mais, de pelo menos 6 amostras, coletadas durante o período de um ano, com frequência bimestral. A *E. Coli* poderá ser determinada em substituição ao parâmetro coliformes termotolerantes de acordo com limites estabelecidos pelo órgão ambiental competente;

h) DBO 5 dias a 20°C até 3 mg/L O₂;

i) OD, em qualquer amostra, não inferior a 6 mg/L O₂;

j) turbidez até 40 unidades nefelométrica de turbidez (UNT);

l) cor verdadeira: nível de cor natural do corpo de água em mg Pt/L; e

m) pH: 6,0 a 9,0.

II - Padrões de qualidade de água:

TABELA I - CLASSE 1 - ÁGUAS DOCES	
PADRÕES	
PARÂMETROS	VALOR MÁXIMO
Clorofila <i>a</i>	10 µg/L
Densidade de cianobactérias	20.000 cel/mL ou 2 mm ³ /L
Sólidos dissolvidos totais	500 mg/L
PARÂMETROS INORGÂNICOS	VALOR MÁXIMO
Alumínio dissolvido	0,1 mg/L Al
Antimônio	0,005mg/L Sb
Arsênio total	0,01 mg/L As
Bário total	0,7 mg/L Ba
Berílio total	0,04 mg/L Be
Boro total	0,5 mg/L B
Cádmio total	0,001 mg/L Cd
Chumbo total	0,01mg/L Pb
Cianeto livre	0,005 mg/L CN
Cloreto total	250 mg/L Cl
Cloro residual total (combinado + livre)	0,01 mg/L Cl
Cobalto total	0,05 mg/L Co
Cobre dissolvido	0,009 mg/L Cu
Cromo total	0,05 mg/L Cr
Ferro dissolvido	0,3 mg/L Fe
Fluoreto total	1,4 mg/L F
Fósforo total (ambiente lântico)	0,020 mg/L P

Fósforo total (ambiente intermediário, com tempo de residência entre 2 e 40 dias, e tributários diretos de ambiente lântico)	0,025 mg/L P
Fósforo total (ambiente lótico e tributários de ambientes intermediários)	0,1 mg/L P
Lítio total	2,5 mg/L Li
Manganês total	0,1 mg/L Mn
Mercurio total	0,0002 mg/L Hg
Níquel total	0,025 mg/L Ni
Nitrato	10,0 mg/L N
Nitrito	1,0 mg/L N
Nitrogênio amoniacal total	3,7mg/L N, para pH ≤ 7,5
	2,0 mg/L N, para 7,5 < pH ≤ 8,0
	1,0 mg/L N, para 8,0 < pH ≤ 8,5
	0,5 mg/L N, para pH > 8,5
Prata total	0,01 mg/L Ag
Selênio total	0,01 mg/L Se
Sulfato total	250 mg/L SO ₄
Sulfeto (H ₂ S não dissociado)	0,002 mg/L S
Urânio total	0,02 mg/L U
Vanádio total	0,1 mg/L V
Zinco total	0,18 mg/L Zn
PARÂMETROS ORGÂNICOS	VALOR MÁXIMO
Acrilamida	0,5 µg/L
Alacloro	20 µg/L
Aldrin + Dieldrin	0,005 µg/L
Atrazina	2 µg/L
Benzeno	0,005 mg/L
Benzidina	0,001 µg/L
Benzo(a)antraceno	0,05 µg/L
Benzo(a)pireno	0,05 µg/L
Benzo(b)fluoranteno	0,05 µg/L
Benzo(k)fluoranteno	0,05 µg/L
Carbaril	0,02 µg/L
Clordano (cis + trans)	0,04 µg/L
2-Clorofenol	0,1 µg/L
Criseno	0,05 µg/L
2,4-D	4,0 µg/L
Demeton (Demeton-O + Demeton-S)	0,1 µg/L
Dibenzo(a,h)antraceno	0,05 µg/L
1,2-Dicloroetano	0,01 mg/L
1,1-Dicloroetano	0,003 mg/L
2,4-Diclorofenol	0,3 µg/L
Diclorometano	0,02 mg/L
DDT (p,p'-DDT + p,p'-DDE + p,p'-DDD)	0,002 µg/L
Dodecacloro pentaciclodecano	0,001 µg/L
Endossulfan (α + β + sulfato)	0,056 µg/L
Endrin	0,004 µg/L
Estireno	0,02 mg/L
Etilbenzeno	90,0 µg/L
Fenóis totais (substâncias que reagem com 4-aminoantipirina)	0,003 mg/L C ₆ H ₅ OH
Glifosato	65 µg/L
Gution	0,005 µg/L
Heptacloro epóxido + Heptacloro	0,01 µg/L
Hexaclorobenzeno	0,0065 µg/L
Indeno(1,2,3-cd)pireno	0,05 µg/L

Lindano (γ -HCH)	0,02 $\mu\text{g/L}$
Malation	0,1 $\mu\text{g/L}$
Metolacloro	10 $\mu\text{g/L}$
Metoxicloro	0,03 $\mu\text{g/L}$
Paration	0,04 $\mu\text{g/L}$
PCBs - Bifenilas policloradas	0,001 $\mu\text{g/L}$
Pentaclorofenol	0,009 mg/L
Simazina	2,0 $\mu\text{g/L}$
Substâncias tensoativas que reagem com o azul de metileno	0,5 mg/L LAS
2,4,5-T	2,0 $\mu\text{g/L}$
Tetracloroeto de carbono	0,002 mg/L
Tetracloroeteno	0,01 mg/L
Tolueno	2,0 $\mu\text{g/L}$
Toxafeno	0,01 $\mu\text{g/L}$
2,4,5-TP	10,0 $\mu\text{g/L}$
Tributilestanho	0,063 $\mu\text{g/L TBT}$
Triclorobenzeno (1,2,3-TCB + 1,2,4-TCB)	0,02 mg/L
Tricloroeteno	0,03 mg/L
2,4,6-Triclorofenol	0,01 mg/L
Trifluralina	0,2 $\mu\text{g/L}$
Xileno	300 $\mu\text{g/L}$

III - Nas águas doces onde ocorrer pesca ou cultivo de organismos, para fins de consumo intensivo, além dos padrões estabelecidos no inciso II deste artigo, aplicam-se os seguintes padrões em substituição ou adicionalmente:

TABELA II - CLASSE 1 - ÁGUAS DOCES	
PADRÕES PARA CORPOS DE ÁGUA ONDE HAJA PESCA OU CULTIVO DE ORGANISMOS PARA FINS DE CONSUMO INTENSIVO	
PARÂMETROS INORGÂNICOS	VALOR MÁXIMO
Arsênio total	0,14 $\mu\text{g/L As}$
PARÂMETROS ORGÂNICOS	VALOR MÁXIMO
Benidina	0,0002 $\mu\text{g/L}$
Benzo(a)antraceno	0,018 $\mu\text{g/L}$
Benzo(a)pireno	0,018 $\mu\text{g/L}$
Benzo(b)fluoranteno	0,018 $\mu\text{g/L}$
Benzo(k)fluoranteno	0,018 $\mu\text{g/L}$
Criseno	0,018 $\mu\text{g/L}$
Dibenzo(a,h)antraceno	0,018 $\mu\text{g/L}$
3,3-Diclorobenzidina	0,028 $\mu\text{g/L}$
Heptacloro epóxido + Heptacloro	0,000039 $\mu\text{g/L}$
Hexaclorobenzeno	0,00029 $\mu\text{g/L}$
Indeno(1,2,3-cd)pireno	0,018 $\mu\text{g/L}$
PCBs - Bifenilas policloradas	0,000064 $\mu\text{g/L}$
Pentaclorofenol	3,0 $\mu\text{g/L}$
Tetracloroeto de carbono	1,6 $\mu\text{g/L}$
Tetracloroeteno	3,3 $\mu\text{g/L}$
Toxafeno	0,00028 $\mu\text{g/L}$
2,4,6-triclorofenol	2,4 $\mu\text{g/L}$

Art 15. Aplicam-se às águas doces de classe 2 as condições e padrões da classe 1 previstos no artigo anterior, à exceção do seguinte:

I - não será permitida a presença de corantes provenientes de fontes antrópicas que não sejam removíveis por processo de coagulação, sedimentação e filtração convencionais;

II - coliformes termotolerantes: para uso de recreação de contato primário deverá ser obedecida a Resolução CONAMA nº 274, de 2000. Para os demais usos, não deverá ser excedido um limite de 1.000 coliformes termotolerantes por 100 mililitros em 80% ou mais de pelo menos 6 (seis) amostras coletadas durante o período de um ano, com frequência bimestral. A *E. coli* poderá ser

determinada em substituição ao parâmetro coliformes termotolerantes de acordo com limites estabelecidos pelo órgão ambiental competente;

III - cor verdadeira: até 75 mg Pt/L;

IV - turbidez: até 100 UNT;

V - DBO 5 dias a 20°C até 5 mg/L O₂;

VI - OD, em qualquer amostra, não inferior a 5 mg/L O₂;

VII - clorofila *a*: até 30 µg/L;

VIII - densidade de cianobactérias: até 50000 cel/mL ou 5 mm³/L; e,

IX - fósforo total:

a) até 0,030 mg/L, em ambientes lênticos; e,

b) até 0,050 mg/L, em ambientes intermediários, com tempo de residência entre 2 e 40 dias, e tributários diretos de ambiente lêntico.

Art. 16. As águas doces de classe 3 observarão as seguintes condições e padrões:

I - condições de qualidade de água:

a) não verificação de efeito tóxico agudo a organismos, de acordo com os critérios estabelecidos pelo órgão ambiental competente, ou, na sua ausência, por instituições nacionais ou internacionais renomadas, comprovado pela realização de ensaio ecotoxicológico padronizado ou outro método cientificamente reconhecido;

b) materiais flutuantes, inclusive espumas não naturais: virtualmente ausentes;

c) óleos e graxas: virtualmente ausentes;

d) substâncias que comuniquem gosto ou odor: virtualmente ausentes;

e) não será permitida a presença de corantes provenientes de fontes antrópicas que não sejam removíveis por processo de coagulação, sedimentação e filtração convencionais;

f) resíduos sólidos objetáveis: virtualmente ausentes;

g) coliformes termotolerantes: para o uso de recreação de contato secundário não deverá ser excedido um limite de 2500 coliformes termotolerantes por 100 mililitros em 80% ou mais de pelo menos 6 amostras, coletadas durante o período de um ano, com frequência bimestral. Para dessedentação de animais criados confinados não deverá ser excedido o limite de 1000 coliformes termotolerantes por 100 mililitros em 80% ou mais de pelo menos 6 amostras, coletadas durante o período de um ano, com frequência bimestral. Para os demais usos, não deverá ser excedido um limite de 4000 coliformes termotolerantes por 100 mililitros em 80% ou mais de pelo menos 6 amostras coletadas durante o período de um ano, com periodicidade bimestral. A *E. Coli* poderá ser determinada em substituição ao parâmetro coliformes termotolerantes de acordo com limites estabelecidos pelo órgão ambiental competente;

h) cianobactérias para dessedentação de animais: os valores de densidade de cianobactérias não deverão exceder 50.000 cel/ml, ou 5mm³/L;

i) DBO 5 dias a 20°C até 10 mg/L O₂;

j) OD, em qualquer amostra, não inferior a 4 mg/L O₂;

l) turbidez até 100 UNT;

m) cor verdadeira: até 75 mg Pt/L; e,

n) pH: 6,0 a 9,0.

II - Padrões de qualidade de água:

TABELA III - CLASSE 3 - ÁGUAS DOCES	
PADRÕES	
PARÂMETROS	VALOR MÁXIMO
Clorofila <i>a</i>	60 µg/L
Densidade de cianobactérias	100.000 cel/mL ou 10 mm ³ /L

Sólidos dissolvidos totais	500 mg/L
PARÂMETROS INORGÂNICOS	VALOR MÁXIMO
Alumínio dissolvido	0,2 mg/L Al
Arsênio total	0,033 mg/L As
Bário total	1,0 mg/L Ba
Berílio total	0,1 mg/L Be
Boro total	0,75 mg/L B
Cádmio total	0,01 mg/L Cd
Chumbo total	0,033 mg/L Pb
Cianeto livre	0,022 mg/L CN
Cloreto total	250 mg/L Cl
Cobalto total	0,2 mg/L Co
Cobre dissolvido	0,013 mg/L Cu
Cromo total	0,05 mg/L Cr
Ferro dissolvido	5,0 mg/L Fe
Fluoreto total	1,4 mg/L F
Fósforo total (ambiente lântico)	0,05 mg/L P
Fósforo total (ambiente intermediário, com tempo de residência entre 2 e 40 dias, e tributários diretos de ambiente lântico)	0,075 mg/L P
Fósforo total (ambiente lótico e tributários de ambientes intermediários)	0,15 mg/L P
Lítio total	2,5 mg/L Li
Manganês total	0,5 mg/L Mn
Mercúrio total	0,002 mg/L Hg
Níquel total	0,025 mg/L Ni
Nitrato	10,0 mg/L N
Nitrito	1,0 mg/L N
Nitrogênio amoniacal total	13,3 mg/L N, para pH ≤ 7,5
	5,6 mg/L N, para 7,5 < pH ≤ 8,0
	2,2 mg/L N, para 8,0 < pH ≤ 8,5
	1,0 mg/L N, para pH > 8,5
Prata total	0,05 mg/L Ag
Selênio total	0,05 mg/L Se
Sulfato total	250 mg/L SO ₄
Sulfeto (como H ₂ S não dissociado)	0,3 mg/L S
Urânio total	0,02 mg/L U
Vanádio total	0,1 mg/L V
Zinco total	5 mg/L Zn
PARÂMETROS ORGÂNICOS	VALOR MÁXIMO
Aldrin + Dieldrin	0,03 µg/L
Atrazina	2 µg/L
Benzeno	0,005 mg/L
Benzo(a)pireno	0,7 µg/L
Carbaril	70,0 µg/L
Clordano (cis + trans)	0,3 µg/L
2,4-D	30,0 µg/L
DDT (p,p'-DDT + p,p'-DDE + p,p'-DDD)	1,0 µg/L
Demeton (Demeton-O + Demeton-S)	14,0 µg/L
1,2-Dicloroetano	0,01 mg/L
1,1-Dicloroetano	30 µg/L
Dodecacloro Pentaciclodecano	0,001 µg/L
Endossulfan (α + β + sulfato)	0,22 µg/L
Endrin	0,2 µg/L
Fenóis totais (substâncias que reagem com 4-aminoantipirina)	0,01 mg/L C ₆ H ₅ OH
Glifosato	280 µg/L

Gution	0,005 µg/L
Heptacloro epóxido + Heptacloro	0,03 µg/L
Lindano (γ-HCH)	2,0 µg/L
Malation	100,0 µg/L
Metoxicloro	20,0 µg/L
Paration	35,0 µg/L
PCBs - Bifenilas policloradas	0,001 µg/L
Pentaclorofenol	0,009 mg/L
Substâncias tenso-ativas que reagem com o azul de metileno	0,5 mg/L LAS
2,4,5-T	2,0 µg/L
Tetracloroeto de carbono	0,003 mg/L
Tetracloroeteno	0,01 mg/L
Toxafeno	0,21 µg/L
2,4,5-TP	10,0 µg/L
Tributilestanho	2,0 µg/L TBT
Tricloroeteno	0,03 mg/L
2,4,6-Triclorofenol	0,01 mg/L

Art. 17. As águas doces de classe 4 observarão as seguintes condições e padrões:

- I - materiais flutuantes, inclusive espumas não naturais: virtualmente ausentes;
- II - odor e aspecto: não objetáveis;
- III - óleos e graxas: toleram-se iridescências;
- IV - substâncias facilmente sedimentáveis que contribuam para o assoreamento de canais de navegação: virtualmente ausentes;
- V - fenóis totais (substâncias que reagem com 4 - aminoantipirina) até 1,0 mg/L de C₆H₅OH;
- VI - OD, superior a 2,0 mg/L O₂ em qualquer amostra; e,
- VII - pH: 6,0 a 9,0.

Seção III

Das Águas Salinas

Art. 18. As águas salinas de classe 1 observarão as seguintes condições e padrões:

- I - condições de qualidade de água:
 - a) não verificação de efeito tóxico crônico a organismos, de acordo com os critérios estabelecidos pelo órgão ambiental competente, ou, na sua ausência, por instituições nacionais ou internacionais renomadas, comprovado pela realização de ensaio ecotoxicológico padronizado ou outro método cientificamente reconhecido;
 - b) materiais flutuantes virtualmente ausentes;
 - c) óleos e graxas: virtualmente ausentes;
 - d) substâncias que produzem odor e turbidez: virtualmente ausentes;
 - e) corantes provenientes de fontes antrópicas: virtualmente ausentes;
 - f) resíduos sólidos objetáveis: virtualmente ausentes;
 - g) coliformes termolerantes: para o uso de recreação de contato primário deverá ser obedecida a Resolução CONAMA nº 274, de 2000. Para o cultivo de moluscos bivalves destinados à alimentação humana, a média geométrica da densidade de coliformes termotolerantes, de um mínimo de 15 amostras coletadas no mesmo local, não deverá exceder 43 por 100 mililitros, e o percentil 90% não deverá ultrapassar 88 coliformes termolerantes por 100 mililitros. Esses índices deverão ser mantidos em monitoramento anual com um mínimo de 5 amostras. Para os demais usos não deverá ser excedido um limite de 1.000 coliformes termolerantes por 100 mililitros em 80% ou mais de pelo menos 6 amostras coletadas durante o período de um ano, com periodicidade bimestral. A *E. Coli* poderá ser determinada

em substituição ao parâmetro coliformes termotolerantes de acordo com limites estabelecidos pelo órgão ambiental competente;

h) carbono orgânico total até 3 mg/L, como C;

i) OD, em qualquer amostra, não inferior a 6 mg/L O₂; e

j) pH: 6,5 a 8,5, não devendo haver uma mudança do pH natural maior do que 0,2 unidade.

II - Padrões de qualidade de água:

TABELA IV - CLASSE 1 - ÁGUAS SALINAS	
PADRÕES	
PARÂMETROS INORGÂNICOS	VALOR MÁXIMO
Alumínio dissolvido	1,5 mg/L Al
Arsênio total	0,01 mg/L As
Bário total	1,0 mg/L Ba
Berílio total	5,3 µg/L Be
Boro total	5,0 mg/L B
Cádmio total	0,005 mg/L Cd
Chumbo total	0,01 mg/L Pb
Cianeto livre	0,001 mg/L CN
Cloro residual total (combinado + livre)	0,01 mg/L Cl
Cobre dissolvido	0,005 mg/L Cu
Cromo total	0,05 mg/L Cr
Ferro dissolvido	0,3 mg/L Fe
Fluoreto total	1,4 mg/L F
Fósforo Total	0,062 mg/L P
Manganês total	0,1 mg/L Mn
Mercurio total	0,0002 mg/L Hg
Níquel total	0,025 mg/L Ni
Nitrato	0,40 mg/L N
Nitrito	0,07 mg/L N
Nitrogênio amoniacal total	0,40 mg/L N
Polifosfatos (determinado pela diferença entre fósforo ácido hidrolisável total e fósforo reativo total)	0,031 mg/L P
Prata total	0,005 mg/L Ag
Selênio total	0,01 mg/L Se
Sulfetos (H ₂ S não dissociado)	0,002 mg/L S
Tálio total	0,1 mg/L Tl
Urânio Total	0,5 mg/L U
Zinco total	0,09 mg/L Zn
PARÂMETROS ORGÂNICOS	VALOR MÁXIMO
Aldrin + Dieldrin	0,0019 µg/L
Benzeno	700 µg/L
Carbaril	0,32 µg/L
Clordano (cis + trans)	0,004 µg/L
2,4-D	30,0 µg/L
DDT (p,p'-DDT + p,p'-DDE + p,p'-DDD)	0,001 µg/L
Demeton (Demeton-O + Demeton-S)	0,1 µg/L
Dodecacloro pentaciclodecano	0,001 µg/L
Endossulfan (α + β + sulfato)	0,01 µg/L
Endrin	0,004 µg/L
Etilbenzeno	25 µg/L
Fenóis totais (substâncias que reagem com 4-aminoantipirina)	60 µg/L C ₆ H ₅ OH
Gution	0,01 µg/L
Heptacloro epóxido + Heptacloro	0,001 µg/L
Lindano (γ-HCH)	0,004 µg/L
Malation	0,1 µg/L
Metoxicloro	0,03 µg/L

Monoclorobenzeno	25 µg/L
Pentaclorofenol	7,9 µg/L
PCBs - Bifenilas Policloradas	0,03 µg/L
Substâncias tensoativas que reagem com o azul de metileno	0,2 mg/L LAS
2,4,5-T	10,0 µg/L
Tolueno	215 µg/L
Toxafeno	0,0002 µg/L
2,4,5-TP	10,0 µg/L
Tributilestanho	0,01 µg/L TBT
Triclorobenzeno (1,2,3-TCB + 1,2,4-TCB)	80 µg/L
Tricloroeteno	30,0 µg/L

III - Nas águas salinas onde ocorrer pesca ou cultivo de organismos, para fins de consumo intensivo, além dos padrões estabelecidos no inciso II deste artigo, aplicam-se os seguintes padrões em substituição ou adicionalmente:

TABELA V - CLASSE 1 - ÁGUAS SALINAS	
PADRÕES PARA CORPOS DE ÁGUA ONDE HAJA PESCA OU CULTIVO DE ORGANISMOS PARA FINS DE CONSUMO INTENSIVO	
PARÂMETROS INORGÂNICOS	VALOR MÁXIMO
Arsênio total	0,14 µg/L As
PARÂMETROS ORGÂNICOS	VALOR MÁXIMO
Benzeno	51 µg/L
Benzidina	0,0002 µg/L
Benzo(a)antraceno	0,018 µg/L
Benzo(a)pireno	0,018 µg/L
Benzo(b)fluoranteno	0,018 µg/L
Benzo(k)fluoranteno	0,018 µg/L
2-Clorofenol	150 µg/L
2,4-Diclorofenol	290 µg/L
Criseno	0,018 µg/L
Dibenzo(a,h)antraceno	0,018 µg/L
1,2-Dicloroetano	37 µg/L
1,1-Dicloroeteno	3 µg/L
3,3-Diclorobenzidina	0,028 µg/L
Heptacloro epóxido + Heptacloro	0,000039 µg/L
Hexaclorobenzeno	0,00029 µg/L
Indeno(1,2,3-cd)pireno	0,018 µg/L
PCBs - Bifenilas Policloradas	0,000064 µg/L
Pentaclorofenol	3,0 µg/L
Tetracloroeteno	3,3 µg/L
2,4,6-Triclorofenol	2,4 µg/L

Art 19. Aplicam-se às águas salinas de classe 2 as condições e padrões de qualidade da classe 1, previstos no artigo anterior, à exceção dos seguintes:

I - condições de qualidade de água:

a) não verificação de efeito tóxico agudo a organismos, de acordo com os critérios estabelecidos pelo órgão ambiental competente, ou, na sua ausência, por instituições nacionais ou internacionais renomadas, comprovado pela realização de ensaio ecotoxicológico padronizado ou outro método cientificamente reconhecido;

b) coliformes termotolerantes: não deverá ser excedido um limite de 2500 por 100 mililitros em 80% ou mais de pelo menos 6 amostras coletadas durante o período de um ano, com frequência bimestral. A *E. Coli* poderá ser determinada em substituição ao parâmetro coliformes termotolerantes de acordo com limites estabelecidos pelo órgão ambiental competente;

c) carbono orgânico total: até 5,00 mg/L, como C; e

d) OD, em qualquer amostra, não inferior a 5,0 mg/L O₂.

II - Padrões de qualidade de água:

TABELA VI - CLASSE 2 - ÁGUAS SALINAS	
PADRÕES	
PARÂMETROS INORGÂNICOS	VALOR MÁXIMO
Arsênio total	0,069 mg/L As
Cádmio total	0,04 mg/L Cd
Chumbo total	0,21 mg/L Pb
Cianeto livre	0,001 mg/L CN
Cloro residual total (combinado + livre)	19 µg/L Cl
Cobre dissolvido	7,8 µg/L Cu
Cromo total	1,1 mg/L Cr
Fósforo total	0,093 mg/L P
Mercurio total	1,8 µg/L Hg
Níquel	74 µg/L Ni
Nitrato	0,70 mg/L N
Nitrito	0,20 mg/L N
Nitrogênio amoniacal total	0,70 mg/L N
Polifosfatos (determinado pela diferença entre fósforo ácido hidrolisável total e fósforo reativo total)	0,0465 mg/L P
Selênio total	0,29 mg/L Se
Zinco total	0,12 mg/L Zn
PARÂMETROS ORGÂNICOS	VALOR MÁXIMO
Aldrin + Dieldrin	0,03 µg/L
Clordano (cis + trans)	0,09 µg/L
DDT (p-p' DDT + p-p' DDE + p-p' DDD)	0,13 µg/L
Endrin	0,037 µg/L
Heptacloro epóxido + Heptacloro	0,053 µg/L
Lindano (γ-HCH)	0,16 µg/L
Pentaclorofenol	13,0 µg/L
Toxafeno	0,210 µg/L
Tributilestanho	0,37 µg/L TBT

Art. 20. As águas salinas de classe 3 observarão as seguintes condições e padrões:

I - materiais flutuantes, inclusive espumas não naturais: virtualmente ausentes;

II - óleos e graxas: toleram-se iridescências;

III - substâncias que produzem odor e turbidez: virtualmente ausentes;

IV - corantes provenientes de fontes antrópicas: virtualmente ausentes;

V - resíduos sólidos objetáveis: virtualmente ausentes;

VI - coliformes termotolerantes: não deverá ser excedido um limite de 4.000 coliformes termotolerantes por 100 mililitros em 80% ou mais de pelo menos 6 amostras coletadas durante o período de um ano, com frequência bimestral. A *E. Coli* poderá ser determinada em substituição ao parâmetro coliformes termotolerantes de acordo com limites estabelecidos pelo órgão ambiental competente;

VII - carbono orgânico total: até 10 mg/L, como C;

VIII - OD, em qualquer amostra, não inferior a 4 mg/ L O₂; e

IX - pH: 6,5 a 8,5 não devendo haver uma mudança do pH natural maior do que 0,2 unidades.

Seção IV

Das Águas Salobras

Art. 21. As águas salobras de classe 1 observarão as seguintes condições e padrões:

I - condições de qualidade de água:

a) não verificação de efeito tóxico crônico a organismos, de acordo com os critérios estabelecidos pelo órgão ambiental competente, ou, na sua ausência, por instituições nacionais ou

internacionais renomadas, comprovado pela realização de ensaio ecotoxicológico padronizado ou outro método cientificamente reconhecido;

- b) carbono orgânico total: até 3 mg/L, como C;
- c) OD, em qualquer amostra, não inferior a 5 mg/L O₂;
- d) pH: 6,5 a 8,5;
- e) óleos e graxas: virtualmente ausentes;
- f) materiais flutuantes: virtualmente ausentes;
- g) substâncias que produzem cor, odor e turbidez: virtualmente ausentes;
- h) resíduos sólidos objetáveis: virtualmente ausentes; e

i) coliformes termotolerantes: para o uso de recreação de contato primário deverá ser obedecida a Resolução CONAMA nº 274, de 2000. Para o cultivo de moluscos bivalves destinados à alimentação humana, a média geométrica da densidade de coliformes termotolerantes, de um mínimo de 15 amostras coletadas no mesmo local, não deverá exceder 43 por 100 mililitros, e o percentil 90% não deverá ultrapassar 88 coliformes termotolerantes por 100 mililitros. Esses índices deverão ser mantidos em monitoramento anual com um mínimo de 5 amostras. Para a irrigação de hortaliças que são consumidas cruas e de frutas que se desenvolvam rentes ao solo e que sejam ingeridas cruas sem remoção de película, bem como para a irrigação de parques, jardins, campos de esporte e lazer, com os quais o público possa vir a ter contato direto, não deverá ser excedido o valor de 200 coliformes termotolerantes por 100mL. Para os demais usos não deverá ser excedido um limite de 1.000 coliformes termotolerantes por 100 mililitros em 80% ou mais de pelo menos 6 amostras coletadas durante o período de um ano, com frequência bimestral. A *E. coli* poderá ser determinada em substituição ao parâmetro coliformes termotolerantes de acordo com limites estabelecidos pelo órgão ambiental competente.

II - Padrões de qualidade de água:

TABELA VII - CLASSE 1 - ÁGUAS SALOBRAS	
PADRÕES	
PARÂMETROS INORGÂNICOS	VALOR MÁXIMO
Alumínio dissolvido	0,1 mg/L Al
Arsênio total	0,01 mg/L As
Berílio total	5,3 µg/L Be
Boro	0,5 mg/L B
Cádmio total	0,005 mg/L Cd
Chumbo total	0,01 mg/L Pb
Cianeto livre	0,001 mg/L CN
Cloro residual total (combinado + livre)	0,01 mg/L Cl
Cobre dissolvido	0,005 mg/L Cu
Cromo total	0,05 mg/L Cr
Ferro dissolvido	0,3 mg/L Fe
Fluoreto total	1,4 mg/L F
Fósforo total	0,124 mg/L P
Manganês total	0,1 mg/L Mn
Mercurio total	0,0002 mg/L Hg
Níquel total	0,025 mg/L Ni
Nitrato	0,40 mg/L N
Nitrito	0,07 mg/L N
Nitrogênio amoniacal total	0,40 mg/L N
Polifosfatos (determinado pela diferença entre fósforo ácido hidrolisável total e fósforo reativo total)	0,062 mg/L P
Prata total	0,005 mg/L Ag
Selênio total	0,01 mg/L Se
Sulfetos (como H ₂ S não dissociado)	0,002 mg/L S
Zinco total	0,09 mg/L Zn
PARÂMETROS ORGÂNICOS	VALOR MÁXIMO
Aldrin + dieldrin	0,0019 µg/L
Benzeno	700 µg/L

Carbaril	0,32 µg/L
Clordano (cis + trans)	0,004 µg/L
2,4-D	10,0 µg/L
DDT (p,p'DDT+ p,p'DDE + p,p'DDD)	0,001 µg/L
Demeton (Demeton-O + Demeton-S)	0,1 µg/L
Dodecacloro pentaciclodecano	0,001 µg/L
Endrin	0,004 µg/L
Endossulfan (α + β + sulfato)	0,01 µg/L
Etilbenzeno	25,0 µg/L
Fenóis totais (substâncias que reagem com 4-aminoantipirina)	0,003 mg/L C ₆ H ₅ OH
Gution	0,01 µg/L
Heptacloro epóxido + Heptacloro	0,001 µg/L
Lindano (γ-HCH)	0,004 µg/L
Malation	0,1 µg/L
Metoxicloro	0,03 µg/L
Monoclorobenzeno	25 µg/L
Paration	0,04 µg/L
Pentaclorofenol	7,9 µg/L
PCBs - Bifenilas Policloradas	0,03 µg/L
Substâncias tensoativas que reagem com azul de metileno	0,2 LAS
2,4,5-T	10,0 µg/L
Tolueno	215 µg/L
Toxafeno	0,0002 µg/L
2,4,5-TP	10,0 µg/L
Tributilestanho	0,010 µg/L TBT
Triclorobenzeno (1,2,3-TCB + 1,2,4-TCB)	80,0 µg/L

III - Nas águas salobras onde ocorrer pesca ou cultivo de organismos, para fins de consumo intensivo, além dos padrões estabelecidos no inciso II deste artigo, aplicam-se os seguintes padrões em substituição ou adicionalmente:

TABELA VIII - CLASSE 1 - ÁGUAS SALOBRAS	
PADRÕES PARA CORPOS DE ÁGUA ONDE HAJA PESCA OU CULTIVO DE ORGANISMOS PARA FINS DE CONSUMO INTENSIVO	
PARÂMETROS INORGÂNICOS	VALOR MÁXIMO
Arsênio total	0,14 µg/L As
PARÂMETROS ORGÂNICOS	VALOR MÁXIMO
Benzeno	51 µg/L
Benzidina	0,0002 µg/L
Benzo(a)antraceno	0,018 µg/L
Benzo(a)pireno	0,018 µg/L
Benzo(b)fluoranteno	0,018 µg/L
Benzo(k)fluoranteno	0,018 µg/L
2-Clorofenol	150 µg/L
Criseno	0,018 µg/L
Dibenzo(a,h)antraceno	0,018 µg/L
2,4-Diclorofenol	290 µg/L
1,1-Dicloroetano	3,0 µg/L
1,2-Dicloroetano	37,0 µg/L
3,3-Diclorobenzidina	0,028 µg/L
Heptacloro epóxido + Heptacloro	0,000039 µg/L
Hexaclorobenzeno	0,00029 µg/L
Indeno(1,2,3-cd)pireno	0,018 µg/L
Pentaclorofenol	3,0 µg/L
PCBs - Bifenilas Policloradas	0,000064 µg/L
Tetracloroetano	3,3 µg/L
Tricloroetano	30 µg/L

2,4,6-Triclorofenol	2,4 µg/L
---------------------	----------

Art. 22. Aplicam-se às águas salobras de classe 2 as condições e padrões de qualidade da classe 1, previstos no artigo anterior, à exceção dos seguintes:

I - condições de qualidade de água:

a) não verificação de efeito tóxico agudo a organismos, de acordo com os critérios estabelecidos pelo órgão ambiental competente, ou, na sua ausência, por instituições nacionais ou internacionais renomadas, comprovado pela realização de ensaio ecotoxicológico padronizado ou outro método cientificamente reconhecido;

b) carbono orgânico total: até 5,00 mg/L, como C;

c) OD, em qualquer amostra, não inferior a 4 mg/L O₂; e

d) coliformes termotolerantes: não deverá ser excedido um limite de 2500 por 100 mililitros em 80% ou mais de pelo menos 6 amostras coletadas durante o período de um ano, com frequência bimestral. A *E. coli* poderá ser determinada em substituição ao parâmetro coliformes termotolerantes de acordo com limites estabelecidos pelo órgão ambiental competente.

II - Padrões de qualidade de água:

**TABELA IX - CLASSE 2 - ÁGUAS SALOBRAS
PADRÕES**

PARÂMETROS INORGÂNICOS	VALOR MÁXIMO
Arsênio total	0,069 mg/L As
Cádmio total	0,04 mg/L Cd
Chumbo total	0,210 mg/L Pb
Cromo total	1,1 mg/L Cr
Cianeto livre	0,001 mg/L CN
Cloro residual total (combinado + livre)	19,0 µg/L Cl
Cobre dissolvido	7,8 µg/L Cu
Fósforo total	0,186 mg/L P
Mercúrio total	1,8 µg/L Hg
Níquel total	74,0 µg/L Ni
Nitrato	0,70 mg/L N
Nitrito	0,20 mg/L N
Nitrogênio amoniacal total	0,70 mg/L N
Polifosfatos (determinado pela diferença entre fósforo ácido hidrolisável total e fósforo reativo total)	0,093 mg/L P
Selênio total	0,29 mg/L Se
Zinco total	0,12 mg/L Zn
PARÂMETROS ORGÂNICOS	VALOR MÁXIMO
Aldrin + Dieldrin	0,03 µg/L
Clordano (cis + trans)	0,09 µg/L
DDT (p-p' DDT + p-p' DDE + p-p' DDD)	0,13 µg/L
Endrin	0,037 µg/L
Heptacloro epóxido+ Heptacloro	0,053 µg/L
Lindano (γ-HCH)	0,160 µg/L
Pentaclorofenol	13,0 µg/L
Toxafeno	0,210 µg/L
Tributilestanho	0,37 µg/L TBT

Art. 23. As águas salobras de classe 3 observarão as seguintes condições e padrões:

I - pH: 5 a 9;

II - OD, em qualquer amostra, não inferior a 3 mg/L O₂;

III - óleos e graxas: toleram-se iridescências;

IV - materiais flutuantes: virtualmente ausentes;

V - substâncias que produzem cor, odor e turbidez: virtualmente ausentes;

VI - substâncias facilmente sedimentáveis que contribuam para o assoreamento de canais virtualmente ausentes;

VII - coliformes termotolerantes: não deverá ser excedido um limite de 4.000 coliformes por 100 mL em 80% ou mais de pelo menos 6 amostras coletadas durante o período de frequência bimestral. A *E. Coli* poderá ser determinada em substituição ao parâmetro notolerantes de acordo com limites estabelecidos pelo órgão ambiental competente; e

VIII - carbono orgânico total até 10,0 mg/L, como C.

CAPÍTULO IV

DAS CONDIÇÕES E PADRÕES DE LANÇAMENTO DE EFLUENTES

Art. 24. Os efluentes de qualquer fonte poluidora somente poderão ser lançados, direta ou indiretamente, nos corpos de água, após o devido tratamento e desde que obedeçam às condições, padrões e procedimentos estabelecidos nesta Resolução e em outras normas aplicáveis.

Parágrafo único. O órgão ambiental competente poderá, a qualquer momento:

I - acrescentar outras condições e padrões, ou torná-los mais restritivos, tendo em vista as condições locais, mediante fundamentação técnica; e

II - exigir a melhor tecnologia disponível para o tratamento dos efluentes, compatível com o respectivo curso de água superficial, mediante fundamentação técnica.

Art. 25. É vedado o lançamento e a autorização de lançamento de efluentes em desacordo com as condições e padrões estabelecidos nesta Resolução.

Parágrafo único. O órgão ambiental competente poderá, excepcionalmente, autorizar o lançamento de efluente acima das condições e padrões estabelecidos no art. 34, desta Resolução, desde que atenda aos seguintes requisitos:

I - comprovação de relevante interesse público, devidamente motivado;

II - atendimento ao enquadramento e às metas intermediárias e finais, progressivas e

III - realização de Estudo de Impacto Ambiental-EIA, às expensas do empreendedor, antes do lançamento;

IV - estabelecimento de tratamento e exigências para este lançamento; e

V - fixação de prazo máximo para o lançamento excepcional.

Art. 26. Os órgãos ambientais federal, estaduais e municipais, no âmbito de sua competência, deverão, por meio de norma específica ou no licenciamento da atividade ou no estabelecimento de condições para o lançamento de substâncias passíveis de serem formadas nos processos produtivos, listadas ou não no art. 34, desta Resolução, de modo a não comprometer as metas progressivas obrigatórias, intermediárias e finais, do enquadramento para o corpo de água.

§ 1º No caso de empreendimento de significativo impacto, o órgão ambiental competente deverá, no processo de licenciamento ou de sua renovação, a apresentação de estudo de capacidade de suporte do corpo de água receptor.

§ 2º O estudo de capacidade de suporte deve considerar, no mínimo, a diferença entre os padrões estabelecidos pela classe e as concentrações existentes no trecho desde a montante, estimando a distância após a zona de mistura.

§ 3º Sob pena de nulidade da licença expedida, o empreendedor, no processo de licenciamento, informará ao órgão ambiental as substâncias, entre aquelas previstas nesta Resolução para padrões de qualidade de água, que poderão estar contidas no seu efluente.

§ 4º O disposto no § 1º aplica-se também às substâncias não contempladas nesta Resolução, exceto se o empreendedor não tinha condições de saber de sua existência nos seus efluentes.

Art. 27. É vedado, nos efluentes, o lançamento dos Poluentes Orgânicos Persistentes-POPs mencionados na Convenção de Estocolmo, ratificada pelo Decreto Legislativo nº 204, de 7 de maio de 2004.

Parágrafo único. Nos processos onde possa ocorrer a formação de dioxinas e furanos deverá ser utilizada a melhor tecnologia disponível para a sua redução, até a completa eliminação.

Art. 28. Os efluentes não poderão conferir ao corpo de água características em desacordo com as metas obrigatórias progressivas, intermediárias e final, do seu enquadramento.

§ 1º As metas obrigatórias serão estabelecidas mediante parâmetros.

§ 2º Para os parâmetros não incluídos nas metas obrigatórias, os padrões de qualidade a serem obedecidos são os que constam na classe na qual o corpo receptor estiver enquadrado.

§ 3º Na ausência de metas intermediárias progressivas obrigatórias, devem ser obedecidos os padrões de qualidade da classe em que o corpo receptor estiver enquadrado.

Art. 29. A disposição de efluentes no solo, mesmo tratados, não poderá causar poluição ou contaminação das águas.

Art. 30. No controle das condições de lançamento, é vedada, para fins de diluição antes do seu lançamento, a mistura de efluentes com águas de melhor qualidade, tais como as águas de abastecimento, do mar e de sistemas abertos de refrigeração sem recirculação.

Art. 31. Na hipótese de fonte de poluição geradora de diferentes efluentes ou lançamentos individualizados, os limites constantes desta Resolução aplicar-se-ão a cada um deles ou ao conjunto após a mistura, a critério do órgão ambiental competente.

Art. 32. Nas águas de classe especial é vedado o lançamento de efluentes ou disposição de resíduos domésticos, agropecuários, de aquicultura, industriais e de quaisquer outras fontes poluentes, mesmo que tratados.

§ 1º Nas demais classes de água, o lançamento de efluentes deverá, simultaneamente:

I - atender às condições e padrões de lançamento de efluentes;

II - não ocasionar a ultrapassagem das condições e padrões de qualidade de água, estabelecidos para as respectivas classes, nas condições da vazão de referência; e

III - atender a outras exigências aplicáveis.

§ 2º No corpo de água em processo de recuperação, o lançamento de efluentes observará as metas progressivas obrigatórias, intermediárias e final.

Art. 33. Na zona de mistura de efluentes, o órgão ambiental competente poderá autorizar, levando em conta o tipo de substância, valores em desacordo com os estabelecidos para a respectiva classe de enquadramento, desde que não comprometam os usos previstos para o corpo de água.

Parágrafo único. A extensão e as concentrações de substâncias na zona de mistura deverão ser objeto de estudo, nos termos determinados pelo órgão ambiental competente, às expensas do empreendedor responsável pelo lançamento.

Art. 34. Os efluentes de qualquer fonte poluidora somente poderão ser lançados, direta ou indiretamente, nos corpos de água desde que obedeçam as condições e padrões previstos neste artigo, resguardadas outras exigências cabíveis:

§ 1º O efluente não deverá causar ou possuir potencial para causar efeitos tóxicos aos organismos aquáticos no corpo receptor, de acordo com os critérios de toxicidade estabelecidos pelo órgão ambiental competente.

§ 2º Os critérios de toxicidade previstos no § 1º devem se basear em resultados de ensaios ecotoxicológicos padronizados, utilizando organismos aquáticos, e realizados no efluente.

§ 3º Nos corpos de água em que as condições e padrões de qualidade previstos nesta Resolução não incluam restrições de toxicidade a organismos aquáticos, não se aplicam os parágrafos anteriores.

§ 4º Condições de lançamento de efluentes:

I - pH entre 5 a 9;

II - temperatura: inferior a 40°C, sendo que a variação de temperatura do corpo receptor não deverá exceder a 3°C na zona de mistura;

III - materiais sedimentáveis: até 1 mL/L em teste de 1 hora em cone Imhoff. Para o lançamento em lagos e lagoas, cuja velocidade de circulação seja praticamente nula, os materiais sedimentáveis deverão estar virtualmente ausentes;

IV - regime de lançamento com vazão máxima de até 1,5 vezes a vazão média do período de atividade diária do agente poluidor, exceto nos casos permitidos pela autoridade competente;

V - óleos e graxas:

1 - óleos minerais: até 20mg/L;

2- óleos vegetais e gorduras animais: até 50mg/L; e

VI - ausência de materiais flutuantes.

§ 5º Padrões de lançamento de efluentes:

TABELA X - LANÇAMENTO DE EFLUENTES	
PADRÕES	
PARÂMETROS INORGÂNICOS	VALOR MÁXIMO
Arsênio total	0,5 mg/L As
Bário total	5,0 mg/L Ba
Boro total	5,0 mg/L B
Cádmio total	0,2 mg/L Cd
Chumbo total	0,5 mg/L Pb
Cianeto total	0,2 mg/L CN
Cobre dissolvido	1,0 mg/L Cu
Cromo total	0,5 mg/L Cr
Estanho total	4,0 mg/L Sn
Ferro dissolvido	15,0 mg/L Fe
Fluoreto total	10,0 mg/L F
Manganês dissolvido	1,0 mg/L Mn
Merúrio total	0,01 mg/L Hg
Níquel total	2,0 mg/L Ni
Nitrogênio amoniacal total	20,0 mg/L N
Prata total	0,1 mg/L Ag
Selênio total	0,30 mg/L Se
Sulfeto	1,0 mg/L S
Zinco total	5,0 mg/L Zn
PARÂMETROS ORGÂNICOS	VALOR MÁXIMO
Clorofórmio	1,0 mg/L
Dicloroetano	1,0 mg/L
Fenóis totais (substâncias que reagem com 4-aminoantipirina)	0,5 mg/L C ₆ H ₅ OH
Tetracloroeto de Carbono	1,0 mg/L
Tricloroetano	1,0 mg/L

Art. 35. Sem prejuízo do disposto no inciso I, do § 1º do art. 24, desta Resolução, o órgão ambiental competente poderá, quando a vazão do corpo de água estiver abaixo da vazão de referência, estabelecer restrições e medidas adicionais, de caráter excepcional e temporário, aos lançamentos de efluentes que possam, dentre outras conseqüências:

- I - acarretar efeitos tóxicos agudos em organismos aquáticos; ou
- II - inviabilizar o abastecimento das populações.

Art. 36. Além dos requisitos previstos nesta Resolução e em outras normas aplicáveis, os efluentes provenientes de serviços de saúde e estabelecimentos nos quais haja despejos infectados com microorganismos patogênicos, só poderão ser lançados após tratamento especial.

Art. 37. Para o lançamento de efluentes tratados no leito seco de corpos de água intermitentes, o órgão ambiental competente definirá, ouvido o órgão gestor de recursos hídricos, condições especiais.

CAPÍTULO V

DIRETRIZES AMBIENTAIS PARA O ENQUADRAMENTO

Art. 38. O enquadramento dos corpos de água dar-se-á de acordo com as normas e procedimentos definidos pelo Conselho Nacional de Recursos Hídricos-CNRH e Conselhos Estaduais de Recursos Hídricos.

§ 1º O enquadramento do corpo hídrico será definido pelos usos preponderantes mais restritivos da água, atuais ou pretendidos.

§ 2º Nas bacias hidrográficas em que a condição de qualidade dos corpos de água esteja em desacordo com os usos preponderantes pretendidos, deverão ser estabelecidas metas obrigatórias, intermediárias e final, de melhoria da qualidade da água para efetivação dos respectivos enquadramentos, excetuados nos parâmetros que excedam aos limites devido às condições naturais.

§ 3º As ações de gestão referentes ao uso dos recursos hídricos, tais como a outorga e cobrança pelo uso da água, ou referentes à gestão ambiental, como o licenciamento, termos de ajustamento de conduta e o controle da poluição, deverão basear-se nas metas progressivas intermediárias e final aprovadas pelo órgão competente para a respectiva bacia hidrográfica ou corpo hídrico específico.

§ 4º As metas progressivas obrigatórias, intermediárias e final, deverão ser atingidas em regime de vazão de referência, excetuados os casos de baías de águas salinas ou salobras, ou outros corpos hídricos onde não seja aplicável a vazão de referência, para os quais deverão ser elaborados estudos específicos sobre a dispersão e assimilação de poluentes no meio hídrico.

§ 5º Em corpos de água intermitentes ou com regime de vazão que apresente diferença sazonal significativa, as metas progressivas obrigatórias poderão variar ao longo do ano.

§ 6º Em corpos de água utilizados por populações para seu abastecimento, o enquadramento e o licenciamento ambiental de atividades a montante preservarão, obrigatoriamente, as condições de consumo.

CAPÍTULO VI

DISPOSIÇÕES FINAIS E TRANSITÓRIAS

Art. 39. Cabe aos órgãos ambientais competentes, quando necessário, definir os valores dos poluentes considerados virtualmente ausentes.

Art. 40. No caso de abastecimento para consumo humano, sem prejuízo do disposto nesta Resolução, deverão ser observadas, as normas específicas sobre qualidade da água e padrões de potabilidade.

Art. 41. Os métodos de coleta e de análises de águas são os especificados em normas técnicas cientificamente reconhecidas.

Art. 42. Enquanto não aprovados os respectivos enquadramentos, as águas doces serão consideradas classe 2, as salinas e salobras classe 1, exceto se as condições de qualidade atuais forem melhores, o que determinará a aplicação da classe mais rigorosa correspondente.

Art. 43. Os empreendimentos e demais atividades poluidoras que, na data da publicação desta Resolução, tiverem Licença de Instalação ou de Operação, expedida e não impugnada, poderão a critério do órgão ambiental competente, ter prazo de até três anos, contados a partir de sua vigência, para se adequarem às condições e padrões novos ou mais rigorosos previstos nesta Resolução.

§ 1º O empreendedor apresentará ao órgão ambiental competente o cronograma das medidas necessárias ao cumprimento do disposto no *caput* deste artigo.

§ 2º O prazo previsto no *caput* deste artigo poderá, excepcional e tecnicamente motivado, ser prorrogado por até dois anos, por meio de Termo de Ajustamento de Conduta, ao qual se dará publicidade, enviando-se cópia ao Ministério Público.

§ 3º As instalações de tratamento existentes deverão ser mantidas em operação com a capacidade, condições de funcionamento e demais características para as quais foram aprovadas, até que se cumpram as disposições desta Resolução.

§ 4º O descarte contínuo de água de processo ou de produção em plataformas marítimas de petróleo será objeto de resolução específica, a ser publicada no prazo máximo de um ano, a contar da data de publicação desta Resolução, ressalvado o padrão de lançamento de óleos e graxas a ser o definido nos termos do art. 34, desta Resolução, até a edição de resolução específica.

Art. 44. O CONAMA, no prazo máximo de um ano, complementarará, onde couber, condições e padrões de lançamento de efluentes previstos nesta Resolução.

Art. 45. O não cumprimento ao disposto nesta Resolução acarretará aos infratores as sanções previstas pela legislação vigente.

§ 1º Os órgãos ambientais e gestores de recursos hídricos, no âmbito de suas respectivas competências, fiscalizarão o cumprimento desta Resolução, bem como quando pertinente, a aplicação das penalidades administrativas previstas nas legislações específicas, sem prejuízo do sancionamento penal e da responsabilidade civil objetiva do poluidor.

§ 2º As exigências e deveres previstos nesta Resolução caracterizam obrigação de relevante interesse ambiental.

Art. 46. O responsável por fontes potencial ou efetivamente poluidoras das águas deve apresentar ao órgão ambiental competente, até o dia 31 de março de cada ano, declaração de carga poluidora, referente ao ano civil anterior, subscrita pelo administrador principal da empresa e pelo responsável técnico devidamente habilitado, acompanhada da respectiva Anotação de Responsabilidade Técnica.

§ 1º A declaração referida no *caput* deste artigo conterà, entre outros dados, a caracterização qualitativa e quantitativa de seus efluentes, baseada em amostragem representativa dos mesmos, o estado de manutenção dos equipamentos e dispositivos de controle da poluição.

§ 2º O órgão ambiental competente poderá estabelecer critérios e formas para apresentação da declaração mencionada no *caput* deste artigo, inclusive, dispensando-a se for o caso para empreendimentos de menor potencial poluidor.

Art. 47. Equiparam-se a perito, os responsáveis técnicos que elaborem estudos e pareceres apresentados aos órgãos ambientais.

Art. 48. O não cumprimento ao disposto nesta Resolução sujeitará os infratores, entre outras, às sanções previstas na Lei nº 9.605, de 12 de fevereiro de 1998 e respectiva regulamentação.

Art. 49. Esta Resolução entra em vigor na data de sua publicação.

Art. 50. Revoga-se a Resolução CONAMA nº 020, de 18 de junho de 1986.

MARINA SILVA
Presidente do CONAMA