

ROTEIRO COMPLEMENTAR DE LICENCIAMENTO E FISCALIZAÇÃO

INDÚSTRIA DE PAPEL E CELULOSE



GOVERNO DO ESTADO DE PERNAMBUCO

Governador: Miguel Arraes de Alencar

SECRETARIA DE CIÊNCIA, TECNOLOGIA E MEIO AMBIENTE

Secretário: Sérgio Machado Rezende

COMPANHIA PERNAMBUCANA DE MEIO AMBIENTE - CPRH

Diretor-Presidente: Ricardo Braga

Diretor Administrativo e Financeiro: Amauri José de Andrade

Diretora de Recursos Naturais: Simone Nascimento de Souza

Diretor de Controle de Fontes Poluidoras: Genaro Albuquerque de Melo Filho

Cooperação técnica BRASIL - ALEMANHA

PROJETO CONTROLE AMBIENTAL NO

ESTADO DE PERNAMBUCO

Companhia Pernambucana de Meio Ambiente - CPRH

Deutsche Gesellschaft für Technische Zusammenarbeit - GTZ

Coordenadores: José Antônio Sales de Melo Filho (CPRH) e Axel Macht (GTZ)

Telefone: (081) 441 5027 Fax: (081) 441.3215

e-mail: gtzcprh@elogica.com.br

ROTEIRO COMPLEMENTAR DE LICENCIAMENTO E FISCALIZAÇÃO

INDÚSTRIA DE PAPEL E CELULOSE



Recife, 1998

Copyright © 1998 by CPRH
É permitida a reprodução parcial da presente obra, desde que citada a fonte

Conselho Editorial:

Evângela Azevedo de Andrade
Martim Assueros Gomes
Madalena Barbosa de Albuquerque

Consultoria:

Urivald Pawlowsky

Equipe técnica:

Gilson Lima
Aguinaldo Batista
Rosário Malheriros
José Carlos de Lucena
Alíria Cunha
Cândida Portela
Rita Alves

Revisão:

Martim Assueros Gomes
Madalena Barbosa de Albuquerque

C737r

CPRH, Roteiro Complementar de Licenciamento e
Fiscalização: Indústria de papel e Celulose
Recife::1998. 95p.

1. Indústria - Papel Celulose Z. Celulose - Indústria
3. Licenciamento 4. Fiscalização I. Título II. Autor

CDU: 614.715

Companhia Pernambucana do Meio Ambiente - CPRH
rua Santana, 367, Casa Forte, Recife/PE
Pabx (081) 441 5877 Fax (081) 441 6088

1998

SUMÁRIO

| | |
|---|-----------|
| LISTA DE TABELAS | 07 |
| LISTA DE FIGURAS | 09 |
| LISTA DE QUADROS | 09 |
| LISTA DE ANEXOS | 09 |
| PREFÁCIO | 11 |
| INTRODUÇÃO | 13 |
| I INTRODUÇÃO AO PROCESSO DE PRODUÇÃO, POLUIÇÃO AMBIENTAL E REGULAMENTAÇÕES EXISTENTES | 15 |
| I.1 PRODUTOS E PROCESSOS | 15 |
| I.1.1 Polpa Química | 15 |
| I.1.2 Pastas de Alto Rendimento | 17 |
| I.1.3 Produção de Papel e Papelão | 17 |
| I.2 EFLUENTES LÍQUIDOS..... | 23 |
| I.2.1 Características dos Efluentes e suas Medidas de Controle Interno | 23 |
| I.2.1.1 Pátio de Madeira – Descascamento | 23 |
| I.2.1.2 Produção de Celulose Química | 24 |
| I.2.1.3 Pastas de Alto Rendimento..... | 31 |
| I.2.1.4 Destintamento | 32 |
| I.2.1.5 Fabricação de Papel | 33 |
| I.2.2 Resumo das Principais Fontes de Poluição das Águas e Medidas Internas de Controle (Ref. 10) | 34 |
| I.2.2.1 Principais Fontes de Poluição das Águas | 34 |
| I.2.2.2 Medidas Internas de Controle | 34 |
| I.2.3 Regulamentação Internacional para Efluentes Líquidos..... | 35 |
| I.2.3.1 Padrões Recomendados | 35 |
| I.2.3.2 Padrões de lançamento para alguns países..... | 38 |
| I.2.3.3 Valores Referenciais | 39 |
| I.2.4 Regulamentação Federal Brasileira para Efluentes Líquidos do Setor Celulose-Papel | 41 |
| I.2.5 Regulamentação Estadual Brasileira para Efluentes Líquidos do Setor Celulose-Papel | 41 |
| I.2.6 Parâmetros para Efluentes Líquidos Recomendados ao Licenciamento | 42 |
| I.3 EMISSÕES ATMOSFÉRICAS | 43 |
| I.3.1 Características das Emissões Atmosféricas | 43 |

| | | |
|---------|--|----|
| 1.3.2 | Medidas de Controle das Emissões Atmosféricas | 50 |
| 1.3.3 | Regulamentações Internacionais para Emissões Atmosféricas | 51 |
| 1.3.3.1 | Padrões de lançamento para alguns países..... | 51 |
| 1.3.3.2 | Valores Referenciais | 56 |
| 1.3.4 | Regulamentações em Nível Federal para Emissões Atmosféricas do Setor Papeleiro | 58 |
| 1.3.5 | Regulamentação em Nível Estadual para Emissões Atmosféricas do Setor Papeleiro | 59 |
| 1.3.6 | Valores Referenciais Brasileiros | 59 |
| 1.3.7 | Parâmetros para Emissões Atmosféricas Recomendados ao Licenciamento | 61 |
| 1.4 | RESÍDUOS SÓLIDOS | 64 |
| 1.4.1 | Pontos de Geração | 64 |
| 1.4.2 | Características e Quantidades Geradas | 64 |
| 1.4.3 | Disposição dos Lodos | 66 |
| 1.4.4 | Medidas de Controle Interno | 67 |
| 1.4.5 | Recomendações para o Licenciamento | 67 |
| 2 | PARÂMETROS RECOMENDADOS À FISCALIZAÇÃO | 69 |
| 2.1 | PONTOS DE GERAÇÃO DE EFLUENTES LÍQUIDOS | 69 |
| 2.1.1 | Pontos Críticos | 70 |
| 2.2 | PONTOS DE GERAÇÃO DE EMISSÕES ATMOSFÉRICAS | 70 |
| 2.2.1 | Pontos Críticos | 71 |
| 2.3 | PONTOS DE GERAÇÃO DE RESÍDUOS SÓLIDOS | 71 |
| 2.3.1 | Pontos Críticos | 72 |
| 2.4 | PROCEDIMENTOS DE FISCALIZAÇÃO | 72 |
| 2.4.1 | Equipamentos Necessários e Amostragem | 72 |
| 2.4.1.1 | Efluentes Líquidos | 73 |
| 2.4.1.2 | Emissões Atmosféricas..... | 73 |
| 2.4.1.3 | Resíduos Sólidos | 74 |
| 2.5 | POSTURA DE INVESTIGAÇÃO/ROTEIRO DE INSPEÇÃO | 74 |
| 2.5.1 | Preparação da Vistoria..... | 74 |
| 2.5.2 | Passos na Vistoria | 75 |
| 2.5.3 | Elaboração do Relatório de Vistoria | 75 |
| | REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS | 77 |
| | ANEXOS | 78 |

LISTA DE TABELAS

| | | |
|----|--|----|
| 1 | Valores de carga poluidora para pátio de madeira nos países escandinavos (Ref.3) | 23 |
| 2 | Estágios usados no branqueamento. | 24 |
| 3 | Emissões do branqueamento de processo Kraft (Ref. 1) | 25 |
| 4 | Emissões típicas de alguns processos de obtenção de polpa antes do tratamento externo (Ref. 1)..... | 26 |
| 5 | Efeito de alguns métodos de delignificação nas propriedades do efluente do processo Kraft (Ref. 1 e 9) | 26 |
| 6 | Efeito de alguns métodos de delignificação nas propriedades dos efluentes da planta de branqueamento de polpa Kraft (Ref. 1) | 27 |
| 7 | Características dos efluentes líquidos de diversas fontes (Ref. 1) | 27 |
| 8 | Evolução tecnológica na produção de celulose Kraft branqueada (Ref. 4) | 28 |
| 9 | Resumo dos efluentes do processo Kraft (fibras longa e curta) (Ref. 1) | 29 |
| 10 | Pastas de alto rendimento (Ref. 1) | 31 |
| 11 | Características dos efluentes de pastas de alto rendimento (Ref. 1 e 2) | 32 |
| 12 | Consumo de água, DBO e DQO no processo de destintamento (Ref. 5) | 32 |
| 13 | Características de efluentes da máquina de papel (Ref. 5)..... | 34 |
| 14 | Padrões de emissão para polpa sulfito (Ref. 3 e 6)..... | 36 |
| 15 | Padrões de emissão por país para polpa química (Ref. 6)..... | 38 |
| 16 | Padrões de emissão do Canadá (Ref. 6)..... | 39 |
| 17 | Emissões para produção de polpa – Fábrica Kraft | 40 |
| 18 | Emissões para polpas branqueadas e não-branqueadas – Fábricas Sulfito..... | 40 |
| 19 | Emissões para pastas de alto rendimento. | 40 |
| 20 | Padrões de emissão para fábricas de papel não-integradas. | 41 |
| 21 | Concentrações típicas de gases TRS para celulose Kraft (Ref. 6) | 45 |
| 22 | Fatores de emissão de TRS por fontes no processo Kraft (Ref. 3, 5, 6) | 46 |
| 23 | Valores típicos de TRS por setor (Ref. 6) | 47 |
| 24 | Emissões atmosféricas representativas dos processos Kraft e Soda (Ref. 6) | 47 |
| 25 | Fatores de emissão de particulados no processo Kraft após controle Ref. 6 e 10) | 47 |
| 26 | Fatores de emissão para caldeiras de vapor sem controle para diversos combustíveis (Ref. 10) | 48 |
| 27 | Típicos fatores de emissão e concentrações de SO ₂ e NO _x de fontes de combustão de processos Kraft (Ref. 5, 6) | 49 |

| | | |
|----|--|----|
| 28 | Emissão de particulados de caldeiras de vapor. | 49 |
| 29 | Poluentes típicos da combinação de combustíveis (Ref. 6) | 50 |
| 30 | NSPS para novas fontes de celulose Kraft (Ref. 6, 10, 3) | 52 |
| 31 | Limites regulamentados para processo Kraft em termos de TRS para indústrias novas e já existentes (USA) | 53 |
| 32 | Padrões de emissão atmosférica (1990) para fábricas de celulose Kraft – Austrália | 54 |
| 33 | Emissões atmosféricas para novas fábricas de celulose Kraft (Ref. 3) – Canadá | 55 |
| 34 | Emissões atmosféricas para fábricas de celulose – Portugal (Ref. 3) | 55 |
| 35 | Emissões atmosféricas para fábricas de celulose – Suécia (Ref. 3) | 56 |
| 36 | Emissões atmosféricas para unidades Kraft | 57 |
| 37 | Emissões atmosféricas para processo Sulfito | 57 |
| 38 | Emissões atmosféricas para pastas de alto rendimento | 58 |
| 39 | Emissões atmosféricas para fábrica de papel | 58 |
| 40 | Valores referenciais de emissão no Brasil (Ref. 3) | 60 |
| 41 | Geração de lodo por categoria de produção (Ref. 6) | 65 |
| 42 | Tipos de resíduos por área (Ref. 3) | 65 |
| 43 | Composição combinada de lodo nas ETES (Ref. 6) | 66 |
| 44 | Disposição de lodos de tratamento | 66 |

LISTA DE FIGURAS

| | |
|---|----|
| Fluxograma do Processo Kraft – Pátio de madeira – Cozimento – Massa (Ref. 10) | 18 |
| Fluxograma do Bbranqueamento Convencional (Ref. 10) | 19 |
| Fluxograma da Recuperação | 20 |
| Fluxograma Básico de uma Unidade de Polpa de Alto Rendimento (CTPM). | 21 |
| Fluxograma do Processo de Fabricação de Papel e Papelão. | 22 |

LISTA DE QUADROS

| | |
|--|----|
| Reuso de água em indústrias Kraft (Ref. 10) | 35 |
| Resumo das emissões por fontes (Ref. 6 e 10) | 44 |
| Composição de poluentes atmosféricos (Ref. 10) | 44 |
| Resumo da geração de efluentes líquidos | 69 |
| Resumo das fontes de emissões atmosféricas (Ref. 10) | 71 |
| Resumo das fontes de geração de resíduos sólidos | 72 |

LISTA DE ANEXOS

| | |
|---|-----|
| Informações atuais sobre fábricas brasileiras | 79 |
| Experiência no Brasil- controle de poluição atmosférica | 81 |
| Resolução CONAMA n.º 20 de 1986 | 85 |
| Resolução CONAMA n.º 008 de 6/12/90..... | 98 |
| Resolução CONAMA n.º 003 de 28/06/90 | 101 |

PREFÁCIO

A padronização dos procedimentos administrativos e operacionais é um dos grandes desafios que o Projeto Controle Ambiental no Estado de Pernambuco, viabilizado através de um convênio de Cooperação Técnica entre Brasil e Alemanha e executado pela Companhia de Controle da Poluição Ambiental e de Administração dos Recursos Hídricos (CPRH) e a Sociedade Alemã de Cooperação Técnica (GTZ), está procurando atingir; para facilitar e tornar mais eficiente e ágil a atuação da CPRH no Controle Ambiental em Pernambuco. Neste contexto foram elaborados os Manuais de Licenciamento e Fiscalização Ambiental.

Nesta oportunidade apresentamos o Roteiro Complementar de Licenciamento e Fiscalização para as Indústrias de Papel e Celulose que foi elaborado pelo Consultor Uivald Pawlowsky com o apoio da equipe técnica de Controle Industrial da CPRH e que visa complementar os manuais mencionados com informações técnicas específicas para o licenciamento e fiscalização desta tipologia industrial.

Acreditamos que este roteiro, além de oferecer muitas informações básicas sobre esta tipologia industrial, serve de guia prático no trabalho de dia a dia para os técnicos da CPRH, mas também com referência e subsídio técnico em outras instituições públicas e privadas vinculadas às atividades de licenciamento e fiscalização ambiental.

Recife, novembro de 1997

José Antônio Sales de Melo e Axel Macht

Coordenadores Projeto CPRH/GTZ

INTRODUÇÃO

As indústrias de papel e celulose têm um alto potencial poluidor para o meio ambiente devido a volumosas descargas de matéria orgânica e substâncias tóxicas geradas no processo produtivo. Deste modo, o Projeto CPRH/GTZ da Cooperação Técnica Bilateral entre Brasil e Alemanha priorizou a indústria de papel e celulose em Pernambuco como objeto de estudos, de avaliação e monitoramento. O resultado deste trabalho é o presente roteiro que visa subsidiar técnica e metodologicamente os trabalhos vinculados ao licenciamento e a fiscalização das indústrias de papel e celulose.

A primeira parte do trabalho dedica-se à descrição dos diversos processos produtivos existentes nesta tipologia industrial. Em seguida são apresentadas as características dos efluentes líquidos, das emissões atmosféricas e dos resíduos sólidos gerados por tipo e etapa das diversas fases de produção. Especial ênfase é dada nas medidas de controle no próprio processo produtivo para evitar a geração de efluentes e resíduos ou para reduzir a carga poluidora.

Apresenta-se um levantamento de regulamentações nacionais e internacionais, englobando os padrões de emissão para efluentes líquidos, emissões atmosféricas e resíduos sólidos que o técnico do órgão licenciador e fiscalizador deve levar em conta.

A segunda parte do trabalho está especificamente voltada para os procedimentos de fiscalização, incluindo os pontos críticos de geração dos efluentes a serem observados pelo fiscal, os equipamentos necessários e a realização das vistorias das plantas industriais de papel e celulose.

I

INTRODUÇÃO AO PROCESSO DE PRODUÇÃO, POLUIÇÃO AMBIENTAL E REGULAMENTAÇÕES EXISTENTES

I.1 PRODUTOS E PROCESSOS

O papel é produzido a partir da polpa, um material celulósico fibroso obtido de várias matérias-primas como madeira (principal), palhas, bagaço de cana, algodão, linho, sisal, bambu e similares.

A polpa pode ser classificada em função de suas propriedades físico-químicas e dos processos de produção:

- Polpa Química, obtida por tratamento químico, abrange o processo de polpeamento alcalino (Processo Sulfato ou Kraft e Processo Soda) e o polpeamento ácido (Processo Sulfito).
- Polpa Químicotermomecânica, obtida pelo amolecimento da madeira através de tratamento semiquímico, térmico e desfibramento mecânico.
- Polpa Quimimecânica, produzida pelo amolecimento inicial da madeira por tratamento químico, seguido de desfibramento mecânico.
- Polpa Termomecânica, em que o desfibramento mecânico é precedido de tratamento térmico para amolecimento.
- Polpa Mecânica, produzida pela desintegração mecânica da madeira na presença de água.

O papel é produzido a partir da polpa, pela incorporação de enchimentos como talco, gesso, caulim, além de outros produtos.

A matéria prima para a produção de polpa é preparada nos pátios de madeira, onde é cortada, descascada, transformada em cavacos, lavada e encaminhada aos diversos processos produtivos. A unidade de descascamento/pátio de madeira é a etapa inicial geradora de efluentes, líquidos e sólidos.

I.1.1 POLPA QUÍMICA

Na produção de polpa química pelo processo Kraft temos algumas etapas fundamentais, além do preparo da madeira:

- Cozimento.
- Preparo da massa pela lavagem, depuração e espessamento.
- Branqueamento.
- Recuperação de produtos químicos.

a) Cozimento:

O cozimento provoca a formação das fibras individuais, do licor negro e dos gases da digestão. O licor de cocção é constituído de hidróxido de sódio e sulfato de sódio, enquanto no processo soda utiliza-se apenas o hidróxido de sódio. Os reagentes químicos são preparados a partir do chamado licor branco, proveniente da unidade de recuperação de produtos químicos. A mistura reagente é encaminhada ao Blow Tank, sendo os gases condensados e a massa (polpa e licor) é levados para a lavagem.

b) Lavagem, depuração e espessamento:

A lavagem tem por finalidade separar, da melhor maneira possível, a polpa celulósica do licor negro, e é feita em filtros rotativos especiais operados em série, com lavagem em contracorrente.

A depuração é feita em depuradores centrífugos (ou peneiras finas) e serve para separar pedaços de cavacos que não foram devidamente desfibrados.

O espessamento serve para aumentar a consistência da massa que é, posteriormente, enviada ao branqueamento e à máquina de papel. Todo o processamento do licor negro gera gases odoríferos (reduzidos de enxofre).

c) Branqueamento:

Consiste basicamente na remoção das substâncias que conferem cor à massa de celulose. Estas substâncias encontram-se associadas à lignina, representando apenas uma porção pequena em relação a ela. O branqueamento é realizado em três etapas fundamentais:

- Deslignificação por oxidantes como cloro, oxigênio e outros.
- Tratamento cáustico para remoção das cloroligninas solúveis em álcalis.
- Branqueamento propriamente dito por agentes fortemente oxidantes como cloro, hipocloritos, peróxidos, dióxidos de cloro, etc.

É o processo que provoca a maior preocupação ambiental, pois mais de 3.000 substâncias e produtos químicos são gerados, principalmente no branqueamento convencional, em que o agente oxidante mais comum é o cloro. Várias mudanças foram e estão sendo feitas para minimizar os efeitos ambientais e ainda proporcionam uma celulose com alvura aceitável.

A Utilização de oxigênio na deslignificação e substituição de cloro por dióxido de cloro minimizam a geração de organoclorados como clorofórmio e dioxinas.

O branqueamento gera efluentes líquidos em quantidades significativas.

d) Recuperação de produtos químicos:

O licor negro é excelente fonte para recuperar o hidróxido de sódio e a energia armazenada, energia esta que supre em grande parte as necessidades de vapor da fábrica.

Algumas etapas são determinantes na recuperação:

I. Concentração do licor negro:

É realizada em evaporadores de múltiplo efeito e no geral a concentração de sólidos no licor passa de 15% para 55%. Os condensados são despejos industriais importantes. Concentração posterior é feita em evaporadores de contato indireto (ou direto para processos antigos), passando para 65-70% de sólidos. Nesta etapa, há formação e liberação de compostos reduzidos de enxofre (TRS).

II. Incineração do licor concentrado:

É feita na caldeira de recuperação, em que os gases de combustão são usados para geração de vapor e o material fundido, constituído basicamente de carbonato de sódio e sulfeto de sódio, é dissolvido com o licor branco, fraco da recaustificação, formando o licor verde.

O licor verde é clarificado, dando origem a impurezas sólidas que, após lavagem, se constituem nos resíduos sólidos chamados **Dregs**. A caldeira de recuperação gera ainda material particulado, gases odoríferos, além de gases oxidados de enxofre e nitrogênio.

III. Caustificação do licor verde:

Constitui-se basicamente na reação de cal com o licor verde, formando o carbonato de sódio e o hidróxido de sódio. Um clarificador separa a lama contendo carbonato de cálcio do clarificado (hidróxido de sódio). A lavagem da lama acontece com água fresca, água dos condensadores da evaporação ou água de lavagem dos Dregs e se constitui no licor branco fraco. Os sólidos aqui retidos são chamados de Grits. Formam-se também gases malcheirosos (TRS).

iv. Recuperação da cal:

A lama de cal é adensada em filtros a vácuo e calcinada em forno de cal, transformando-se em óxido de cálcio, que retorna ao processo.

O forno de cal é grande fonte de emissão de material particulado e compostos reduzidos de enxofre.

As figuras 1, 2, e 3 mostram os fluxogramas básicos do processo Kraft com a indicação dos principais pontos de geração de poluentes.

I.1.2 PASTAS DE ALTO RENDIMENTO

As polpas obtidas pelo desfibramento mecânico são chamadas também de pastas de alto rendimento, já que o rendimento vai de 80 a 97%. Na pasta puramente mecânica e pressurizada (SGWP e PGWP) as toras são desfibradas por pedras, enquanto que nas demais utilizam-se cavacos para o desfibramento.

Nos processos à temperatura ambiente e sem adição de produtos químicos as águas residuárias contêm pouca matéria orgânica solubilizada, mas para os casos de impregnação química com soda e um pouco de enxofre há a geração de uma lixívia escura, com acentuado potencial poluidor. A presença de sólidos é bastante baixa nestas lixívias (entre 5 e 10%), de tal forma que sua recuperação não apresenta boa viabilidade econômica. A pasta quimicotermodemecânica (CTMP) branqueada com peróxido (BCTMP) propiciam lixívias difíceis de tratar. As unidades de pastas de alto rendimento no Brasil são integradas, de tal forma que, na maioria das situações, as águas residuárias do desfibramento são incorporadas aos efluentes da máquina de papel. Os poluentes atmosféricos gerados nas unidades acima provêm basicamente das caldeiras de vapor, em função do tipo de combustível utilizado. No Brasil este combustível tem sido lenha e cascas de madeira. A figura 4 mostra o fluxograma básico de uma Unidade de Pasta de Alto Rendimento.

I.1.3 PRODUÇÃO DE PAPEL E PAPELÃO

A fabricação de papel é constituída, basicamente, de duas etapas, sendo a primeira o preparo da massa e a segunda a produção da folha.

A matéria prima da massa pode ser polpa pura (química, mecânica, semiquímica, etc.) ou aparas. No caso de aparas, é necessário inicialmente limpá-las, pois, na maioria das situações, estão misturadas com diversos materiais como plásticos, arames, metais e sujeiras várias.

Nos hidrapulpers as aparas são desagregadas com água, de modo a formar uma massa fibrosa de consistência de 2,5 a 3%, onde se separam os materiais estranhos livres (plásticos). Um turboseparador consegue separar as impurezas maiores.

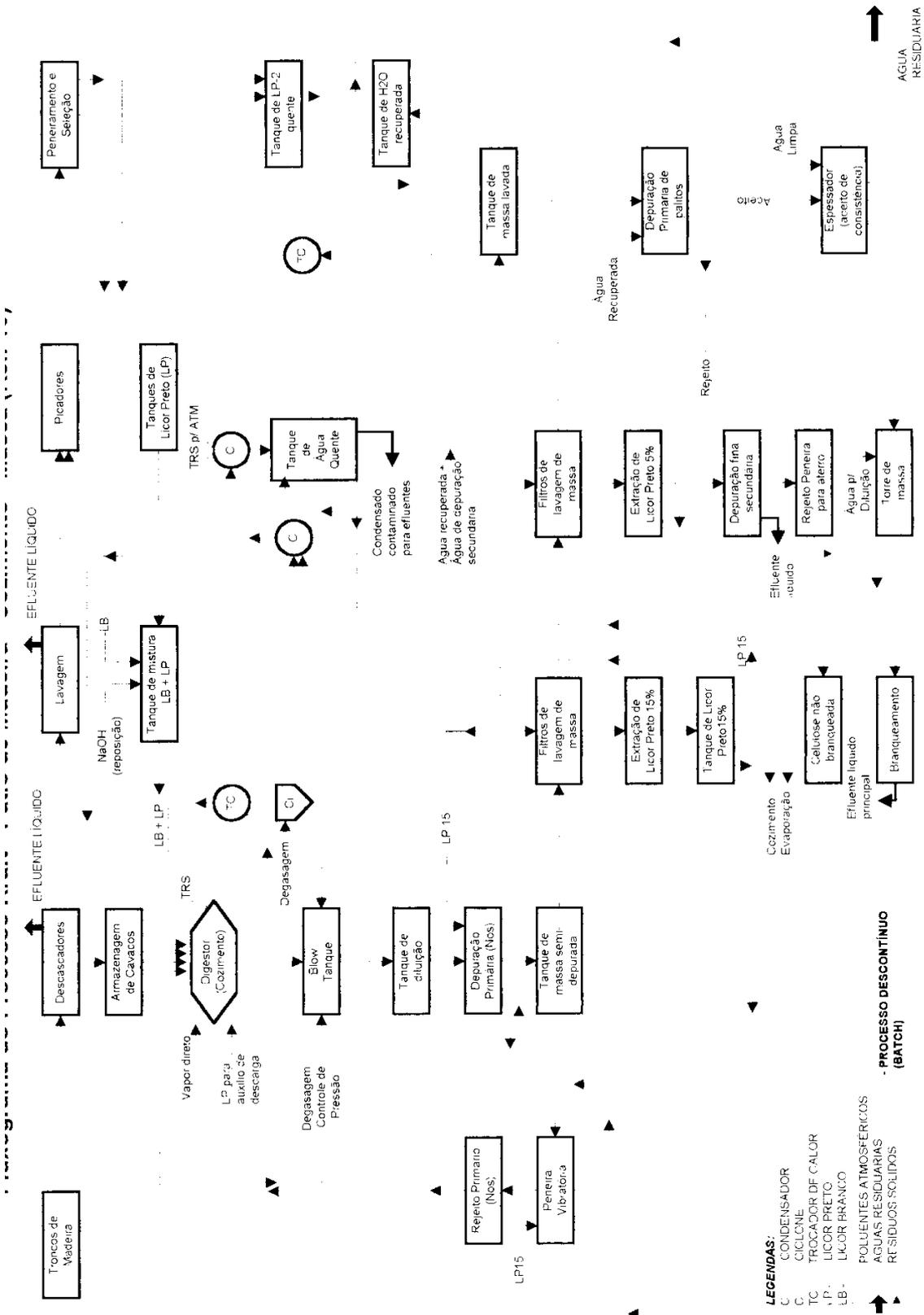
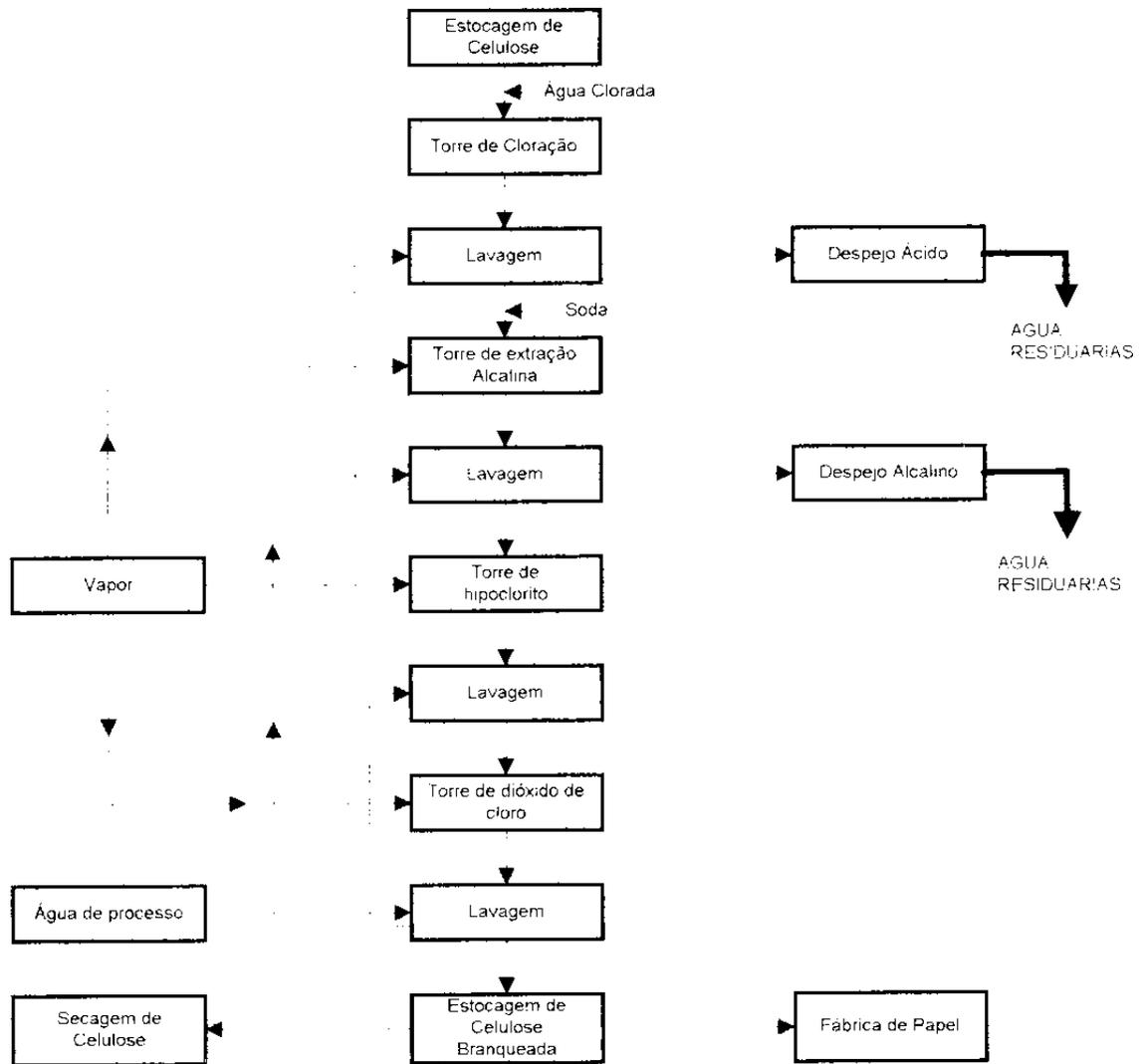
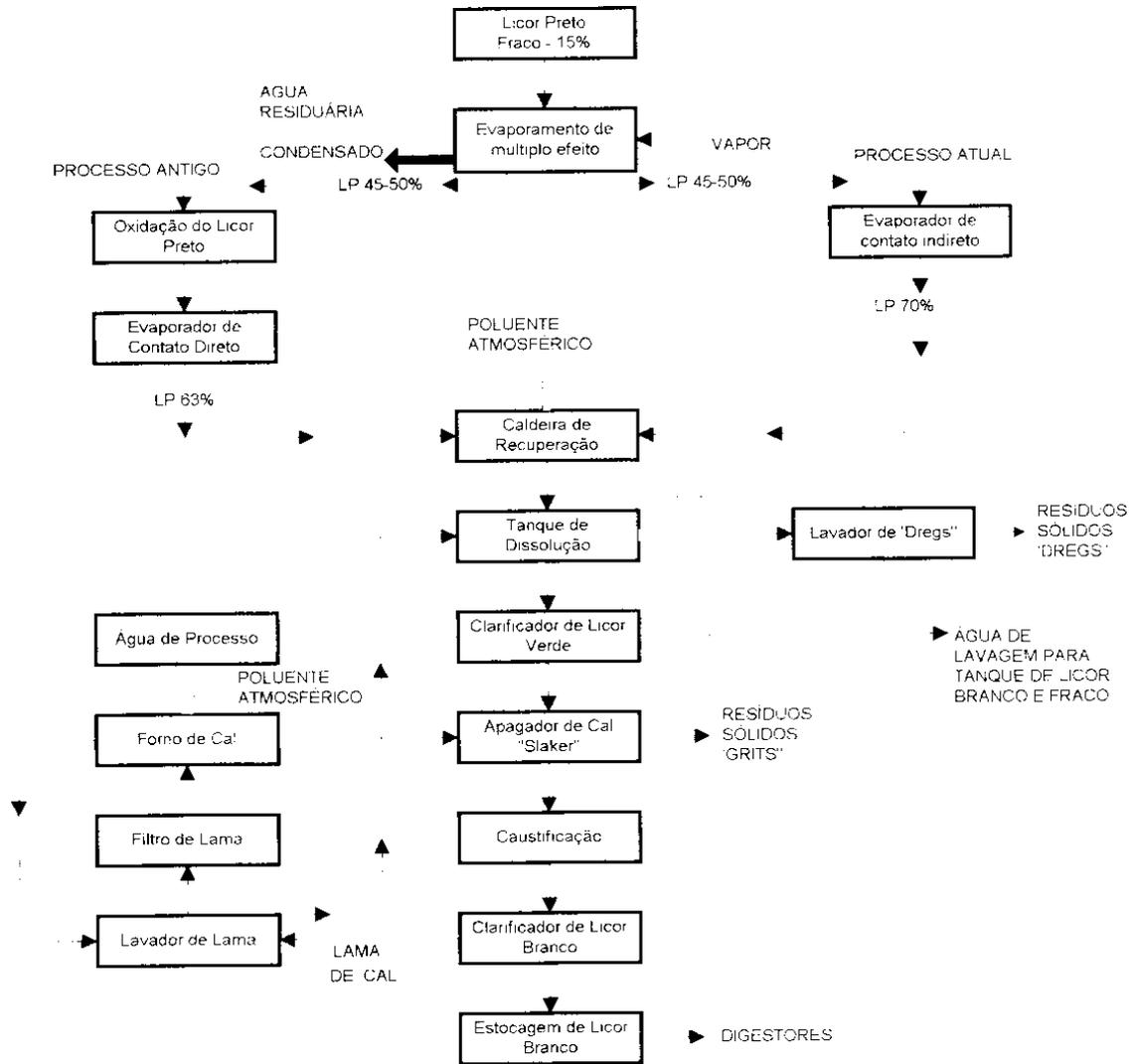


FIGURA 1 - Fluxograma do Processo Kraft - Pátio de Madeira - Cozimento - Massa (Ref. 10)



FLUXOGRAMA DO PROCESSO DE BRANQUEAMENTO EM 4 ESTÁGIOS (CEHD)

FIGURA 2 - FLUXOGRAMA DO BRANQUEAMENTO CONVENCIONAL (REF. 10)



SISTEMA DE RECUPERAÇÃO DE PRODUTOS QUÍMICOS

LEGENDA:

- ▶ RESÍDUO SÓLIDO
- ➔ AGUA RESIDUÁRIA
- ➔ POLUENTE ATMOSF

LP LICOR PRETO

FIGURA 3 - Fluxograma de recuperação

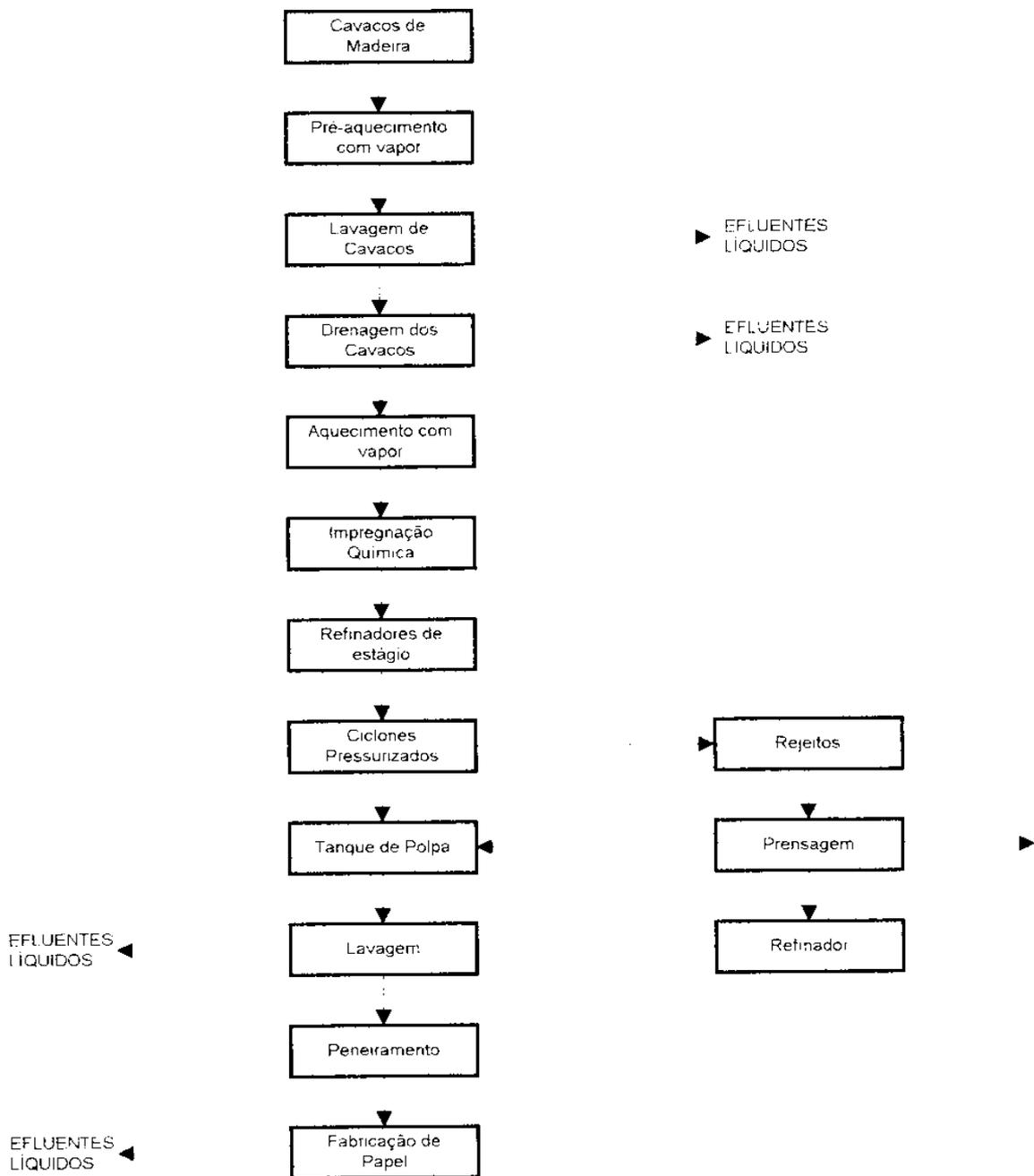


FIGURA 4 - Fluxograma básico de uma unidade de polpa de alto rendimento (ctmp)

A massa é agora encaminhada a depuradores, onde são removidos os materiais pesados (metais, pedras, areia) e em seguida passa por engrossadores que aumentam sua consistência para 3 – 4%. A suspensão fibrosa é submetida a refinadores que provocam a fibrilação e a posterior flexibilização das fibras. A massa é diluída para uma consistência de 0,4 a 1% e passa por uma depuração fina, em depuradores verticais, para ser finalmente alimentada na caixa de entrada da máquina de papel.

A máquina de papel é constituída por uma tela formadora que recebe a massa. A folha úmida formada é retirada da tela, prensada para reduzir seu conteúdo em água, sendo em seguida seca. Na saída da tela formadora a consistência situa-se entre 14 e 18% e na saída das prensas entre 35 e 45%. As máquinas de papel modernas podem ter até 10 metros de largura e velocidades de 1500 metros por minuto.

A figura 5 apresenta o fluxograma básico de uma fábrica de papel.

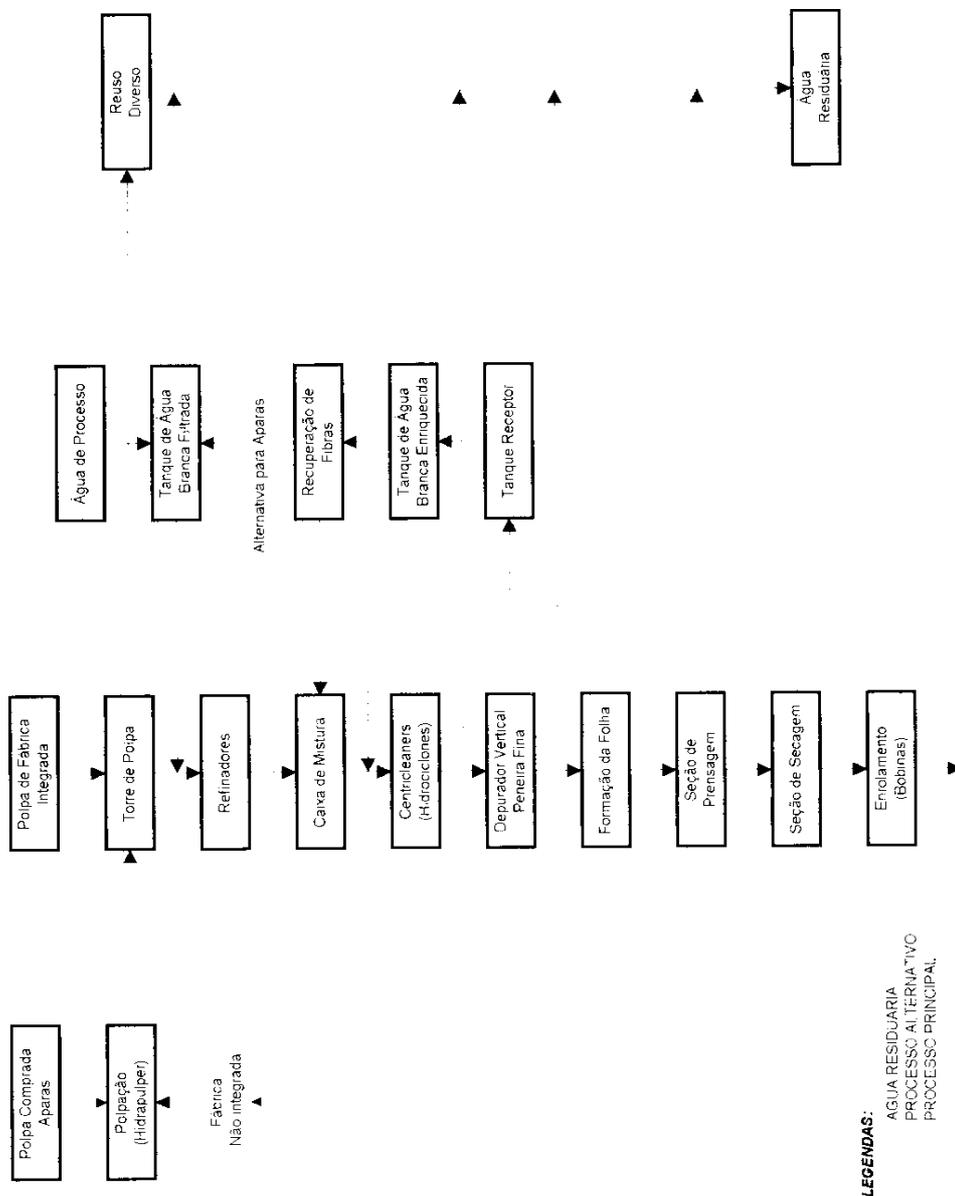


FIGURA 5 - Fluxograma do Processo de fabricação de papel e papelão

I.2 EFLUENTES LÍQUIDOS

I.2.1 CARACTERÍSTICAS DOS EFLUENTES E SUAS MEDIDAS DE CONTROLE INTERNO

Os efluentes líquidos gerados pela tipologia celulose-papel é extremamente variável, tanto em características qualitativas quanto em quantidade por unidade de produto. A quantidade de água usada nos processos é bem próxima daquela lançada como águas residuárias, havendo uma diminuição em torno de 5%.

A seguir serão apresentadas características das diversas etapas de fabricação de celulose e papel, com ênfase à etapa mais crítica, que é o branqueamento.

I.2.1.1 PÁTIO DE MADEIRA – DESCASCAMENTO

O descascamento pode ser feito a úmido ou a seco. Valores médios das cargas poluidoras de fábricas dos países Escandinavos, que conferem com os da América do Norte e Brasil, são apresentados a seguir. Valores típicos para descascamento por via úmida são apresentados na Tabela I, abaixo (Ref. 3):

TABELA I

VALORES DE CARGA POLUIDORA PARA PÁTIO DE MADEIRA NOS PAÍSES ESCANDINAVOS

(REF. 3)

| Vazão m ³ /t _{csa} | DBO ₅ Kg/t _{csa} | DQO Kg/t _{csa} | Cor KgPt/t _{csa} | SS Kg/t _{csa} |
|---|---|----------------------------|------------------------------|---------------------------|
| 10 - 30 | 4 - 10 | 20 - 40 | 5 - 15 | 5 - 20 |

T_{csa} = tonelada de celulose seca ao ar.

Por via seca as toras são lavadas somente após os descascamentos com água recirculada, diminuindo sensivelmente a geração de efluente. (Ref. 3)

| Vazão m ³ /t _{csa} | DBO ₅ Kg/t _{csa} | SS Kg/t _{csa} |
|---|---|---------------------------|
| 0 - 5 | 0 - 2,5 | 0 - 5 |

A utilização de água pressurizada pode diminuir a necessidade de água, tanto nos processos úmidos quanto nos secos. É possível chegar a valores como (Ref.: 6):

$$\text{DBO}_5 = 1 - 3 \text{ Kg/t}_{\text{csa}}$$

$$\text{SS} = 2 - 5 \text{ Kg/t}_{\text{csa}}$$

$$\text{Vazão} = 2 - 3 \text{ m}^3/\text{t}_{\text{csa}}$$

(processo úmido com lavagem pressurizada)

No caso de uma instalação brasileira moderna com descascamento a seco os contribuintes específicos são:

$$\text{DBO}_5 = 0,10 \text{ Kg DBO}/t_{\text{csa}}$$

$$\text{Vazão} = 1,25 \text{ m}^3/t_{\text{csa}}$$

$$\text{SS} = 0,59 \text{ Kg SS}/t_{\text{csa}}$$

Medidas de controle interno

Usar água pressurizada no descascamento a úmido pode reduzir a vazão de água para $0,4 \text{ m}^3/\text{m}^3$ de madeira.

A DBO_5 pode ser reduzida em 50%, podendo atingir $0,7 \text{ Kg}/\text{m}^3$ de madeira.

Utilizar descascamento a seco.

1.2.1.2 PRODUÇÃO DE CELULOSE QUÍMICA

As emissões da produção de celulose dependem de uma série de fatores como o tipo de madeira utilizado, o grau de reaproveitamento interno, o processo de fabricação, o processo de branqueamento adotado, entre outros.

Os despejos são provenientes das fontes:

- Condensados dos gases de alívio do digestor.
- Condensados do tanque de descarga.
- Lavagem, depuração e espessamento (licor negro diluído).

No branqueamento há geração de dois tipos de despejos: os despejos fortemente alcalinos, provenientes do estágio de extração alcalina e os despejos fortemente ácidos, originados do estágio de oxidação. Existem várias seqüências de branqueamento e que podem originar cargas poluidoras bem distintas. É apresentada a seguir a Tabela 2 com os diversos estágios usados no branqueamento:

TABELA 2

ESTÁGIOS USADOS NO BRANQUEAMENTO

| Notação | Estágio de branqueamento |
|-----------------------|--------------------------------|
| C | Cloração |
| E | Extração alcalina |
| H | Hipocloração |
| D | Dióxido de cloro |
| P | Peróxido |
| A | Tratamento ácido |
| O | Oxigênio |
| Z | Ozônio |
| D/C | Dióxido com cloro |
| C/D | Cloro com dióxido |
| E/O ou E ₀ | Extração oxidativa |
| E/P ou E _p | Extração alcalina com peróxido |

O uso da cloração, processo mais convencional de branqueamento de polpas, causa a geração de produtos organoclorados (mais de 200), cuja toxicologia da mistura é muito complexa.

Para a estimativa dessas cargas têm sido utilizados os parâmetros AOX ou TOCL.

AOX – medida do conteúdo em organoclorados que podem ser adsorvidos em carvão ativado.

TOCL – total de organoclorados.

Do AOX, 1-3% apresenta-se solúvel em solventes orgânicos não polares e são os de maior significância ambiental, por serem bioacumulativos.

Os compostos de maior toxicidade são as dioxinas e os compostos dibenzo furanos, dentre os quais o 2, 3, 7, 8 – tetracloro – dibenzo – p-dioxina (TCDD) e o 2, 3, 7, 8 – tetracloro – dibenzo – furano (TCDF) são os mais tóxicos.

Os despejos do branqueamento constituem-se na maior parcela da carga poluidora de uma fábrica de celulose, além de sua particular toxicidade.

As alternativas de branqueamento geram cargas poluidoras diferentes, conforme Tabela 3, a seguir.

TABELA 3

EMISSIONES DO BRANQUEAMENTO DE PROCESSO KRAFT - FIBRA LONGA, PARA DIFERENTES ALTERNATIVAS DE BRANQUEAMENTO. NÃO INCLUÍDAS AS EMISSIONES DOS OUTROS DEPARTAMENTOS (ALVURA 89-90% ISO) (REF. 1)

| Processo | DBO ₇ (a) Kg/t _{csa} | DQO Kg/t _{csa} | AOX Kg/t _{csa} |
|--|---|----------------------------|----------------------------|
| Cozimento convencional sem delignificação com oxigênio | 15 – 20 | 75 – 100 | 6 – 8 |
| Cozimento convencional, delignificação com O ₂ , 15% de substituição com dióxido de cloro | 12 | 50 | 3,5 |
| Cozimento convencional, sem delignificação com O ₂ , baixo fator Kappa, 30-40% de substituição por dióxido de cloro | 12 | 50 | 2 |
| Cozimento prolongado, 100% de substituição por dióxido de cloro, delignificação com O ₂ e alvura de 80-82% ISO | 12 | 45 | 0,2 |

(a) $DBO_5 = DBO_7 \times 0,85$

A Tabela 4 apresenta emissões típicas de alguns processos de obtenção de polpa antes do tratamento externo.

TABELA 4

EMISSÕES TÍPICAS DE ALGUNS PROCESSOS DE OBTENÇÃO DE POLPA ANTES DO TRATAMENTO EXTERNO (DELIGNIFICAÇÃO COM OXIGÊNIO INCLUÍDO PARA AS POLPAS KRAFT) (REF. 1)

| | Unidade | Kraft branqueada | | Sulfito Branqueada | CTMP Branqueada |
|------------------------------|---------------------|------------------|-------------|--------------------|-----------------|
| | | Fibra longa | Fibra curta | | |
| BOD ₇ | Kg/t _{csa} | 20 - 25 | 10 | 50 - 80 | 40 - 60 |
| DQO | Kg/t _{csa} | 65 - 75 | 40 | 120 - 180 | 100 - 170 |
| SS | Kg/t _{csa} | 10 - 15 | 10 - 15 | 15 - 20 | 20 - 50 |
| AOX | Kg/t _{csa} | 3.5 - 4.0 | 1.5 - 2.0 | 1 | |
| Cor (Pt) | Kg/t _{csa} | 70 | 30 | | |
| Fósforo | Kg/t _{csa} | 0.06 - 0.09 | | | |
| Nitrogênio | Kg/t _{csa} | 0.2 - 0.3 | | | |
| Toxicidade, LC ₅₀ | % v/v | 5 - 90 | | 2 - 100 | 0.8 - 1.8 |

t_{csa} = Tonelada de celulose seca ao ar

A Tabela 5 mostra o efeito dos processos de delignificação nas cargas poluidoras brutas de polpa Kraft – fibra longa.

TABELA 5

EXEMPLO DO EFEITO DE ALGUNS MÉTODOS DE DELIGNIFICAÇÃO NAS PROPRIEDADES DO EFLUENTE DE PROCESSO KRAFT – FIBRA LONGA, ANTES DO TRATAMENTO (REF. 1 E 9)

| | Kappa | BOD ₇ Kg/t _{csa} | DQO Kg/t _{csa} | Cor Kg/t _{csa} | AOX Kg/t _{csa} |
|---|-------|---|----------------------------|----------------------------|----------------------------|
| Kraft Standard | 30 | 16 | 80 | 200 | 7 |
| Cozimento prolongado | 24 | 14 | 60 | 150 | 4.8 |
| Deslignificação com oxigênio | 18 | 12 | 50 | 120 | 3.5 |
| Cozimento prolongado e deslignificação com oxigênio | 14 | 9 | 39 | 100 | 2.8 |

O desempenho do sistema de tratamento de efluentes também é afetado de acordo com o processo de delignificação utilizado, conforme pode ser visto na Tabela 6.

TABELA 6

EXEMPLO DO EFEITO DE ALGUNS MÉTODOS DE DELIGNIFICAÇÃO SOBRE AS PROPRIEDADES DOS EFLUENTES DA PLANTA DE BRANQUEAMENTO DE POLPA KRAFT – FIBRA LONGA (APÓS TRATAMENTO DOS EFLUENTES DAS FÁBRICAS POR LODOS ATIVADOS) (REF. 1)

| | DQO Kg/t _{csa} | DBO₇ Kg/t _{csa} | Cor Kg/t _{csa} | AOX Kg/t _{csa} |
|---|-----------------------------------|---|-----------------------------------|-----------------------------------|
| Kraft Standard | 2.4 | 45 | 180 | 3.9 |
| Cozimento prolongado | 2.2 | 36 | 130 | 2.2 |
| Deslignificação com oxigênio | 2.0 | 31 | 100 | 1.9 |
| Cozimento prolongado e deslignificação com oxigênio | 1.7 | 27 | 85 | 1.3 |

Além dos despejos do branqueamento, ainda há a formação de correntes líquidas residuárias na unidade de recuperação de produtos químicos que são representadas pelos condensados dos evaporadores e os despejos fortemente alcalinos oriundos da caustificação. Os mesmos podem ser reaproveitados desde que tratados previamente em colunas de Stripping. Outros despejos são provenientes da evaporação, caldeira de recuperação, forno de cal e mais alguns pequenos pontos, conforme Tabela 7.

TABELA 7

CARACTERÍSTICAS DOS EFLUENTES LÍQUIDOS DE DIVERSAS FONTES (REF. 1)

| Fonte | Efluentes líquidos m³/t_{csa} | DBO₅ Kg/t _{csa} | Sólidos suspensos Kg/t_{csa} |
|--------------------------------|---|---|---|
| Evaporação | 1,22 | 0,3 | - |
| Caldeira de recuperação | 0,45 | 0,15 | - |
| Sistema de água de alimentação | 0,36 | 0,03 | - |
| Caldeira de força (biomassa) | 0,13 | 0,03 | - |
| Turbogeradores | 0,06 | - | - |
| Caustificação | 0,95 | 0,07 | 3,0 |
| Forno de cal | 0,6 | 0,03 | 0,7 |
| Estocagem de óleo combustível | 0,02 | - | - |
| Total | 3,79 | 0,60 | 3,7 |

A vazão total dos despejos das indústrias de celulose é muito variável. Para as mais antigas o consumo de água era de 80 a 250 m³/t para polpas não branqueadas e de 110 a 360 m³/t para branqueadas, enquanto fábricas mais modernas foram projetadas e operam com consumos de 40-60 m³/t de celulose, havendo possibilidades concretas de baixar ainda mais estes valores. Segundo informações obtidas no Instituto Ambiental do Paraná e Firmas de Consultoria do ramo de celulose e papel, pode-se estabelecer uma certa correlação entre o avanço tecnológico e a geração de cargas poluidoras nas 3 últimas décadas, demonstrada na Tabela 8.

TABELA 8**EVOLUÇÃO TECNOLÓGICA NA PRODUÇÃO DE CELULOSE KRAFT BRANQUEADA (REF. 4)**

| Década | | Consumo de água m ³ /t _{csa} | Carga DBO ₅ Kg/t _{csa} | Cor Kg Pt/t _{csa} | AOX Kg/t _{csa} |
|--------|------------------------------|--|--|----------------------------|-------------------------|
| 70 | | 120 | 100 | >200 | 6-8 |
| 80 | | 70 - 80 | 21 | 100 | |
| 90 | Celulose com mínimo de cloro | 40 - 60 | 15 | 75 | <1,0 |
| | Isenta de cloro | 35 - 50 | 15 | 75 | <0,5 |

Já existem possibilidades tecnológicas reais de se produzir celulose com menor consumo de água, conforme informações resumidas da Firma Jaakko Pöyry Engenharia Ltda. (Ref. 1) e apresentadas na Tabela 9.

É importante observar como a seqüência e tipos de tecnologias de branqueamento influenciam na formação de poluentes, bem como de águas residuárias.

TABELA 9**RESUMO DOS EFLUENTES DO PROCESSO KRAFT (FIBRAS LONGA E CURTA) (REF. I)**

| | C(D)E(O)DED | OC(D)E(O)D | Redução % |
|---|--------------------|-------------------|------------------|
| | Fibra Longa | | |
| DBO Kg/ton métrica | 15-21 | 8-11 | 40-50 |
| DQO Kg/ton métrica | 65-75 | 30-40 | 45-55 |
| Cor KgPt/ton métrica | 200-300 | 80-120 | 60-75 |
| TOCI Kg/ton métrica | 5-8 | 3-4 | 35-50 |
| Vazão, 10 ³ L/ton métrica | 20-25 | 15-20 | 25-30 |
| | Fibra Curta | | |
| DBO Kg/ton métrica | 10-15 | 5-7 | 40-55 |
| DQO Kg/ton métrica | 40-45 | 20-25 | 40-55 |
| Cor KgPt/ton métrica | 90-125 | 15-25 | 75-85 |
| Vazão L/ton métrica | 20-25 | 15-20 | 25-30 |
| Redução do n.º de Kappa no estágio de oxigênio – 45-50% | | | |

MEDIDAS DE CONTROLE INTERNO

a) Processo Kraft – soda

- Reciclagem de águas de resfriamento, condensados secundários, água branca da máquina de secagem e filtrados da planta de branqueamento.
- Cozimento prolongado.
- Pré-delignificação com oxigênio.
- Substituição de cloro por dióxido de cloro, para minimizar a emissão de compostos tóxicos.
- Modernização das linhas de depuração e lavagem de polpa, como as mesas planas (ultra-wash), que reduzem a quantidade de água e permitem maior recuperação de licor preto.
- Stripping dos condensados contaminados com vapor (reduz mais de 90% de enxofre e remove metanol).
- Prevenção e contenção de perdas acidentais.

b) Processo sulfito

- Recuperação de produtos químicos.
- Cozimento prolongado.
- Neutralização do licor sulfítico antes da evaporação.
- Tratamento dos condensados.
- Branqueamento livre de cloro.
- Redução de perdas acidentais.

1.2.1.3 PASTAS DE ALTO RENDIMENTO

A Tabela 10 mostra um resumo das pastas de alto rendimento, dando algumas características do processo industrial, o rendimento e a nomenclatura universal.

TABELA 10
PASTAS DE ALTO RENDIMENTO (REF. 1)

| Designação | | Rendimento | Processo |
|---------------|-------------------------------------|------------|---|
| Internacional | Nacional | % | |
| SGWP | Pasta mecânica | 95 a 97 | Desfibrção atmosférica com pedra, da madeira em toras. |
| PGWP | Pasta mecânica pressurizada | 93 a 95 | Desfibrção pressurizada com pedra, da madeira em toras. |
| RMP | Pasta mecânica de refinador | 94 a 95 | Desfibrção atmosférica de cavacos. |
| TMP | Pasta termomecânica | 92 a 95 | Cavacos pré-aquecidos acima de 100 °C e tratados: - 1° Estágio – Refinação pressurizada acima de 100 °C. - 2° Estágio – Refinação atmosférica. |
| CMP | Pasta mecanoquímica | 91 a 93 | Desfibrção atmosférica com pedra, da madeira em toras, com prévia e ligeira impregnação química. |
| CTMP | Pasta termomecanoquímica | 80 a 93 | Impregnação química, antes ou durante o pré-aquecimento dos cavacos, acima de 100 °C, seguida de: - 1° Estágio – Refinação pressurizada, acima de 100 °C. - 2° Estágio – Refinação atmosférica. |
| BCTMP | Pasta termomecanoquímica branqueada | 78 a 91 | CTMP branqueada por adição de peróxido de hidrogênio e/ou ditonito. |

Observação: O rendimento dos processos Kraft e Soda é de 50% de fibra em relação à matéria-prima

As indústrias mais modernas de pastas de alto rendimento geram de 25 a 40 m³ de despejos por tonelada de polpa produzida. Duas unidades estabelecidas no Paraná (TMP e BCTMP) estão produzindo em torno de 25 m³ de despejos por tonelada de papel produzido, já que toda a polpa é usada na fabricação de papel de impressão. A carga de DBO bruta da unidade de TMP é da ordem de 21 KgDBO₇/ton de papel, enquanto de sólidos suspensos é de aproximadamente 30 Kg/ton. A tabela 11 mostra um resumo das características dos efluentes dos principais processos de produção de pastas de alto rendimento.

TABELA 11
CARACTERÍSTICAS DOS EFLUENTES DE PASTAS DE ALTO RENDIMENTO (PAR) (REF. 1 E 2)

| Característica | Unid. | SGWP | PGWP | TMP | CTMP | BCTMP |
|------------------|---------------------|-------|-------|---------|-------|--------|
| pH | | 6.5-7 | 6.5-7 | 6.0-6.5 | 6-6.5 | 7-8 |
| DBO ₇ | Kg/t _{csa} | 12-15 | 15-17 | 20-25 | 20-30 | 45-65 |
| DQO | Kg/t _{csa} | 25-30 | 30-35 | 40-45 | 45-55 | 90-130 |
| S. S. | Kg/t _{csa} | 10-15 | 12-17 | 15-20 | 7-10 | 10-15 |
| Temperatura | °C | 60 | 75 | 80 | 80 | 80-90 |

Vazão – 25-40 m³/t produzida

MEDIDAS DE CONTROLE INTERNO

- Fechamento do sistema de águas (reutilização de águas brancas da fabricação de papel após remoção de fibras e finos).
- Redução da descarga de rejeitos.
- Controle de perdas acidentais (capacidade de estocagem de água branca e polpa produzida).

1.2.1.4 DESTINTAMENTO

Em muitas instalações em que se usam aparas é comum a remoção do negro do carbono, partículas de tinta, amidos e sujeiras diversas. Esta operação é feita por lavagem ou flotação.

A Tabela 12 apresenta um resumo das principais características do processo de destintamento.

TABELA 12
CONSUMO DE ÁGUA, DBO E DQO NO PROCESSO DE DESTINTAMENTO (REF. 5)

| Processo | Consumo de água fresca m ³ /t | DBO ₇ Kg/t | DQO Kg/t |
|----------|--|-----------------------|----------|
| Flotação | 10 | 40 | 140 |
| Lavagem | 90 | 50 | 190 |

MEDIDAS DE CONTROLE INTERNO

- Redução do consumo de água fresca.
- Melhorias no sistema de manuseio de rejeitos e lodo.
- Prevenção de perdas acidentais e sistema de coleta de derrames.

I.2.1.5 FABRICAÇÃO DE PAPEL

Os despejos líquidos da fabricação de papel originam-se principalmente na máquina de papel, refinadores, caixas de regulagem de consistência e mistura de massa nas peneiras depuradoras. As cargas poluidoras dependem fundamentalmente do tipo de papel fabricado e da prática ou não da recirculação da água branca.

A vazão dos despejos é extremamente variável e isto é mais acentuado em países como o Brasil, em que existem muitas empresas que estão operando com máquinas de papel usadas e adquiridas de fabricantes maiores. O uso de aparas pode minimizar o consumo de água e geração de efluentes.

Papéis especiais como higiênico e para cigarros requerem mais água do que papéis mais grosseiros para embalagens.

O maior problema de poluição hídrica na fabricação de papel está associado ao lançamento de sólidos suspensos que passam pela tela da máquina. A maior parte destes sólidos é constituída por fibras que representam cerca de 5% do total de fibras para papéis pesados.

Portanto, sem recuperação, uma fábrica que produz 200 ton/dia de papel perde 10 ton/dia de material fibroso. Para papéis finos, tal perda pode chegar a 50%.

A matéria orgânica é proveniente de duas fontes:

- Transferida da polpa ou da apara.
- Gerada no processo de fabricação do papel pela incorporação de aditivos químicos específicos (amido, cola, antiespumantes, caulim, etc.).

A DBO_5 gerada no processo de fabricação varia de 3 a 8 Kg/t, sendo de 4 Kg/t o valor mais comum para sistemas com recuperação de água e fibras.

Para as fábricas que trabalham com aparas de melhor qualidade, as características dos efluentes líquidos são, praticamente, as mesmas daquelas produzidas pelas polpas de fabricação própria ou compradas.

Quando se utilizam aparas de qualidade inferior, as mesmas são beneficiadas nas centrais de aparas em que os materiais sólidos diferentes de papel são separados e as águas de lavagem dos hidrapulpers são recirculadas na própria unidade. No caso de fabricação de papéis claros há o processo de destintamento, que utiliza água e gera poluição conforme descrito no item anterior e na tabela 12.

Dependendo da tecnologia usada para a recuperação de fibras e fechamento do circuito da água branca e ainda da qualidade das aparas, não haverá significativa variação de carga poluidora em relação à fabricação de papel a partir de polpas puras.

Não têm sido citadas preocupações com respeito a metais pesados a partir de papéis coloridos, pois muitas vezes a cor é originária de anilinas e outros compostos orgânicos (Ref. 6, 5, 10). As concentrações finais de eventuais metais estão dentro dos padrões de lançamento normalmente adotados no Brasil.

A Tabela 13 apresenta, de forma resumida, as características de efluentes de máquina de papel para alguns tipos de papel.

TABELA 13**CARACTERÍSTICAS DE EFLUENTES DA MÁQUINA DE PAPEL (REF. 5)**

| Tipo de Papel | | | | | |
|----------------------|-------------------|--|---|-------------|------------------|
| Característica | | Impressão/ Escrita Colagem Alcalina | Impressão/ Escrita Colagem Ácida | Jornal | Cartão Duplex |
| Sólidos suspensos | % Kg/t | 1.0 10.0 | - 2.0 | 1.0 10.0 | - 10.0 |
| DBO ₅ | Kg/t | 4.5 | 4.0 | 2.0 | 6.0 |
| DQO | Kg/t | 9.0 | - | 4.0 | - |
| PH | - | 7 | 4.5 | 5 | 5 |
| Temperatura | °C | 40-43 | 40-43 | 40-43 | 43 |
| Vazão específica | m ³ /t | 15.0 | 23.0 | 11.0 | 18.0 |

Vazão para papéis especiais variam até 300 m³/t

Vazão para papéis usados variam de 0-15 m³/t

MEDIDAS DE CONTROLE INTERNO

- Fechamento do circuito de água branca.
- Recuperação de fibras.
- Separação de águas limpas das contaminadas.
- Bom sistema de tancagem de massa e água branca.

I.2.2 RESUMO DAS PRINCIPAIS FONTES DE POLUIÇÃO DAS ÁGUAS E MEDIDAS INTERNAS DE CONTROLE (REF. 10)**I.2.2.1 PRINCIPAIS FONTES DE POLUIÇÃO DAS ÁGUAS**

- Despejos das operações de lavagem e descascamento da madeira.
- Despejos do setor de obtenção de polpa provenientes da lavagem, depuração e engrossamento e condensados do digestor e tanque de descarga (Blow Tank).
- Despejos ácidos e alcalinos do branqueamento.
- Despejos da recuperação de produtos provenientes da caustificação e condensados dos evaporadores.
- Despejos da fabricação de papel.

I.2.2.2 MEDIDAS INTERNAS DE CONTROLE

Podem ser divididas em: Modificações de Processos; Reciclagem e Reuso de Águas; Controle de Descargas Acidentais e Derrames.

• Modificações de Processos:

Como exemplo podem ser citados: melhor lavagem da polpa em mesa plana, pré-branqueamento com oxigênio e substituição de cloro ou hipoclorito por dióxido de cloro. O pré-branqueamento com oxigênio pode reduzir em 50% a geração de DBO₅, 70% na cor e significativa redução de organoclorados.

• Reciclagem e Reuso de Águas

A reciclagem compreende a reutilização da água no próprio processo que a gerou, enquanto o reuso significa que a mesma possa ser usada em outros processos.

O quadro 1, abaixo, resume as principais fontes de poluentes reusáveis e sua forma de uso.

| Reuso de água em Indústrias Kraft (Ref. 10) | |
|--|--|
| Fonte | Reuso |
| 1. Cozimento, lavagem, depuração e espessamento <ul style="list-style-type: none"> • Condensados do tanque de descarga e dos trocadores de calor do digestor, após tratamento por stripping; • Condensados dos gases de alívio do digestor, após tratamento por stripping; | <ul style="list-style-type: none"> • lavagem da polpa, água de chuveiros dos filtros, dissolução do fundido, preparação da madeira; • diluição da polpa, água dos chuveiros do filtro de lodo. |
| 2. Branqueamento <ul style="list-style-type: none"> • Águas de lavagem do filtrado excessos de água dos lavadores do selo hidráulico e águas de refrigeração; | <ul style="list-style-type: none"> • diluição da polpa, águas de diluição nas torres de branqueamento. |
| 3. Recuperação de produtos químicos <ul style="list-style-type: none"> • Condensados dos evaporadores de múltiplo efeito. | <ul style="list-style-type: none"> • lavagem da polpa, lavagem dos sedimentos de licor verde, lavagem do lodo calcário, chuveiros do filtro cal, preparação da madeira e lavagem dos gases do forno de cal. |
| 4. Máquinas de papel <ul style="list-style-type: none"> • Águas brancas. | <ul style="list-style-type: none"> • Águas brancas. • máquina de papel, preparação de massa, preparação da madeira, branqueamento. |
| 5. Casa de força e água de refrigeração <ul style="list-style-type: none"> • Águas de refrigeração da casa de força e águas de refrigeração em geral. | <ul style="list-style-type: none"> • água de processo. |

QUADRO 1

• Controle de Descargas Acidentais e Derrames

O licor negro representa grande ameaça aos sistemas de tratamento, devendo ser previstas grandes capacidades de reservação. Todos os equipamentos ou mesmo áreas onde possam ocorrer derrames e vazamentos devem ser circundadas por sistema de coleta deste líquido. Essas áreas são aquelas onde se localizam os digestores, tanques de descarga, evaporadores e caldeira de recuperação. Também é importante o monitoramento contínuo nas tubulações de esgotamento para imediata detecção de derrames. Podem ser conseguidas reduções de 45% a 65% no volume de efluentes totais da indústria e de 50% a 70% na carga de DBO₅.

1.2.3 REGULAMENTAÇÃO INTERNACIONAL PARA EFLUENTES LÍQUIDOS

1.2.3.1 PADRÕES RECOMENDADOS

a) Comissão de Helsinki – parâmetros adotados: (Ref. 3 e 6).

- Polpas Químicas

Polpa Kraft:

Para todas as fábricas, a partir de 1995 (1); novas, imediatamente (2 e 3); e existentes em 1989, a partir do ano 2000 (2 e 3) - a descarga de substâncias não deverá, em média, exceder os valores, para cada fábrica:

Kraft branqueada – fibra longa: 2 Kg AOX/t_{csa}

Kraft branqueada – fibra curta: 1 Kg AOX/t_{csa}

Ou como média total para cada país: 1,4 Kg AOX/t_{csa}

DQO: 65 Kg/t_{csa}

DBO: reduzido proporcionalmente à DQO

Fósforo: Parâmetros a serem examinados em 1994

Polpa sulfito

Para todas as fábricas, a partir de 1995 (1), as substâncias não devem exceder, em média, os valores seguintes, para cada fábrica (Tabela 14):

TABELA 14**PADRÕES DE EMISSÃO PARA POLPA SULFITO (REF. 3, 6)**

| Kg/t _{csa} | DQO | P _{tot} | AOX | DBO ₅ |
|---------------------|-----|------------------|-----|------------------|
| 1. Não branqueada | 90 | 0.08 | - | 15 |
| Branqueada | 150 | 0.1 | 2-3 | 20 |

Para todas as fábricas a partir do ano 2000:

| Kg/t _{csa} | DQO | P _{tot} | AOX | DBO ₅ |
|---------------------|-----|------------------|-----|------------------|
| 3. Não branqueada | 50 | 0.05 | - | 10 |
| Branqueada | 100 | 0.08 | 1 | 15 |

Para todas as fábricas processo NSSC, a partir de 1995:

| Kg/t _{csa} | DQO | P _{tot} | AOX | DBO ₅ |
|-----------------------|-----|------------------|-----|------------------|
| 2. NSSC – Água Fresca | 30 | 0.05 | - | 6 |
| Água Salgada | 200 | 0.15 | - | 15 |

Acordo de fixar nitrogênio total antes de 1993

NSSC = Processo semiquímico sulfito neutro

- Fábricas de Papel (1992)

Comissão Helsinki – Proposta para fábricas de papel feita em 1992.

Para novas fábricas a partir de 1994 e para existentes a partir de 1995, as descargas de substâncias poluentes não devem exceder, em média, os valores seguintes para cada fábrica:

| | |
|---|------------------------------------|
| 1. Fábricas não integradas: | 5 KgDQO/t papel 1 KgSS/t papel |
| 2. Fibras secundárias: | 20 KgDQO/t papel 2 KgSS/t papel |
| 3. Papel jornal: | 10 KgDQO/t papel 2 KgSS/t papel |
| 4. Embalagem: | 10 KgDQO/t papel 15 g P/t papel |
| 5. Embalagem (depois de 2000): | 5 KgDQO/t papel 10 g P/t papel |
| 6. Embalagem (sem madeira) (depois de 1996): | 5 KgDQO/t papel 10 g P/t papel |

b) União Européia

3^o Conferência do Mar do Norte em Hague:

| | |
|---|-----------------------|
| AOX (1995): Polpa Kraft branqueada (fibra longa): | 2 Kg/t _{csa} |
| Polpa Kraft branqueada (fibra curta): | 1 Kg/t _{csa} |
| Polpa sulfito branqueada: | 1 Kg/t _{csa} |

(média anual com pelo menos uma amostra por mês representativa de 24 horas)

| | | |
|------|----------------|-----------------------------|
| DQO: | Polpa Kraft: | 35 Kg/t _{csa} |
| | Polpa Sulfito: | 35 – 70 Kg/t _{csa} |
| SS: | Polpa Kraft: | 10 – 15 Kg/t _{csa} |
| | Polpa Sulfito: | 10 – 15 Kg/t _{csa} |

(média de 30 dias)

I.2.3.2 PADRÕES DE LANÇAMENTO PARA ALGUNS PAÍSES

TABELA 15

PADRÕES DE EMISSÃO POR PAÍS PARA POLPA QUÍMICA (REF. 6)

| Kg/t _{csa} | | | | | | | |
|---------------------|---------------------------|------------------|---------|------------|---------|------------|---------|
| País | Comentários | DBO ₅ | | DQO | | SS | |
| | | Kraft | Sulfito | Kraft | Sulfito | Kraft | Sulfito |
| Áustria | Proposta | 3.0 | 3.0 | 30 | 50-70 | 3.0 | 3.0 |
| Bélgica | Valores típicos | 2.5-5.0 | | 25-60 | | 7-14 | |
| França | Valores típicos | 3-14 | 30-50 | 60-100 | >70 | 5-15 | 35-50 |
| Japão | Intervalo por Prefeituras | 20-20 ppm | | 20-120 ppm | | 20-120 ppm | |
| Coréia | | 100 ppm | | 100 ppm | | 100 ppm | |
| USA | Diária máxima | 5,7 | | | | 9,1 | |
| | Média de 30 dias | 3,1 | | | | 4,8 | |

a) Alemanha

• 1ª Portaria Administrativa para Despejos (1989) - Parte A (para polpa sulfito)

Em amostras compostas de 24 horas, os limites máximos são:

$$DQO = 40-70 \text{ Kg/t}_{csa}$$

$$DBO = 5-10 \text{ Kg/t}_{csa}$$

$$AOX = 1 \text{ Kg/t}_{tcsa}$$

$$FDpeixes = 2 \text{ (FD é o fator de diluição)}$$

• 1ª Portaria Administrativa para Despejos (1992) - parte B

Para despejos de fabricação de papel e papelão, bem como para pasta mecânica, os limites máximos em amostras compostas de 2 horas, são:

DBO₅ = 25 mg/l, podendo ser admitidos até 50 mg/l para papéis reciclados quando a vazão específica for abaixo de 10 m³/t e a carga não ultrapassar 0,25 Kg DBO₅/t. Não é fixada carga em Kg/t, devido à grande variação de tipos de papel.

b) Austrália (novas fábricas de celulose branqueada fibra curta – eucalipto):

$$AOX: 1 \text{ Kg/t}_{csa} \text{ média anual}$$

$$\text{Toxicidade aguda: LC 50\%, 96 h Truta „Rainbow“} = 100\%$$

$$\text{LC 50\%, 48 h Daphnia} = 100\%$$

c) Áustria:

$$AOX (1990): \text{ Polpa sulfato: } 2 \text{ Kg/t}_{csa}$$

$$\text{ Polpa sulfito: } 1 \text{ Kg/t}_{csa}$$

$$AOX (1995): \text{ Polpa sulfato: } 1 \text{ Kg/t}_{csa}$$

$$\text{ Polpa sulfito: } 0,5 \text{ Kg/t}_{csa}$$

d) Canadá:**TABELA 16 (REF. 6)****PADRÕES DE EMISSÃO DO CANADÁ**

| Província | | AOX (Kg/t _{csa}) | | | | | | |
|------------------|------------|----------------------------|------|------|------|------|------|------|
| | | 1990 | 1991 | 1992 | 1993 | 1994 | 1995 | 1996 |
| Alberta | Novas | 1,4 | | | 1,0 | | | |
| | Existentes | | | | 1,5 | | | |
| British Columbia | | | 2,5 | | | | | 1,5 |
| Ontário | | | | 2,5 | 2,5 | | | |
| Quebec | | | | | | | | 1,5 |

e) Estados Unidos:

Estado de Oregon: AOX (1992): 1,5 Kg/t_{csa}

Estado de Washington: AOX (1994): 1,5 Kg/t_{csa}

f) Noruega:

AOX (1995) Polpa Kraft: 2,0 Kg/t_{csa} : valor médio em 6 meses

Polpa sulfito: 1,0 Kg/t_{csa} : valor médio em 6 meses

g) Suécia:

TOCL (1990): Polpa Kraft: 1,0-2,0 Kg/t_{csa} (valor médio anual)

Tecnologia compulsória:

- Alta substituição de cloro por dióxido de cloro: $\left\{ \begin{array}{l} 50\% - \text{Fibra longa} \\ 90\% - \text{Fibra curta} \end{array} \right.$
- Branqueamento com oxigênio:

TOCL (2005): 0,5 Kg/t_{csa}

TOCL (após 2005): 0,1 Kg/t_{csa}

AOX (1995): Polpa Kraft (fibra longa): 1,0 Kg/t_{csa}

Polpa Kraft (fibra curta): 0,5 Kg/t_{csa}

AOX (2000): Polpa Kraft (fibra longa): 0,5 Kg/t_{csa}

Polpa Kraft (fibra curta): 0,3 Kg/t_{csa}

1.2.3.3 VALORES REFERENCIAIS

- Levantamento de valores referenciais de emissão feito em junho de 1997 em várias fábricas européias e da América do Norte (Jaako Poyry – 1997)

Os valores apresentados por este levantamento, muito recente, são os padrões de emissão em uso por uma série de unidades industriais do setor de celulose e papel na Europa e na América do Norte. Como as empresas, normalmente, estão operando com emissões muito próximas ou inferiores às exigências dos órgãos de proteção ambiental, pode-se admitir que os valores coletados representam valores referenciais de grande utilidade para o presente trabalho.

a) Fábricas Kraft:

TABELA 17

EMISSIONES PARA PRODUÇÃO DE POLPA (EMISSIONES PARA ÁGUA)

| Parâmetro | Não-Branqueada | | Branqueada | |
|------------------|----------------|-----------|------------|-----------|
| | Unidade | Valor | Unidade | Valor |
| DQO | Kg/t | 10-40 | Kg/t | 20-40 |
| DBO ₅ | Kg/t | Não usado | | Não usado |
| SS | Kg/t | 0,4-1,4 | Kg/t | 0,3-1,4 |
| P, total | g/t | 7-70 | g/t | 70 |
| N, total | g/t | 350-400 | g/t | 350-400 |
| AOX | | | Kg/t | 0,2-0,4 |
| Cloratos | | | Kg/t | 0,1-02 |

b) Fábricas Sulfito:

TABELA 18

EMISSIONES PARA POLPAS BRANQUEADAS E NÃO-BRANQUEADAS
(EMISSIONES PARA ÁGUA)

| Parâmetro | Unidade | Valor |
|------------------|---------|---------|
| DQO | Kg/t | 10-70 |
| DBO ₅ | Kg/t | 4-20 |
| SS | Kg/t | 6-7 |
| P, total | g/t | 50-70 |
| N, total | g/t | 600-700 |
| AOX | Kg/t | 0-0,2 |
| Cloratos | Kg/t | 0,2 |

c) Pastas de alto rendimento (CMP, CTMP e BCTMP):

TABELA 19

EMISSIONES PARA ÁGUA DE PASTAS DE ALTO RENDIMENTO

| Parâmetro | Unidade | Valor |
|------------------|---------|-------|
| DQO | Kg/t | 10-12 |
| DBO ₅ | Kg/t | |
| SS | Kg/t | 0,1 |
| P, total | g/t | 30 |

d) Fábricas de papel não-integradas (não fabricam polpa):**TABELA 20****PADRÕES DE EMISSÃO PARA FÁBRICAS DE PAPEL NÃO-INTEGRADAS
(EMISSÕES PARA ÁGUA)**

| Parâmetro | Unidade | Valor |
|------------------|---------|---------|
| DQO | Kg/t | 2,5-8,5 |
| DBO ₅ | Kg/t | 3,0-3,2 |
| SS | Kg/t | 0,8-2,8 |
| P, total | g/t | 5-10 |
| N, total | g/t | 120-150 |

e) Fábricas de Processo Soda:

Os padrões de emissão do Processo Soda são os mesmos adotados para o Processo Kraft

1.2.4 REGULAMENTAÇÃO FEDERAL BRASILEIRA PARA EFLUENTES LÍQUIDOS DO SETOR CELULOSE-PAPEL

Não há regulamentação específica federal com relação ao lançamento de efluentes líquidos do setor papelero. A Resolução n.º 20 do CONAMA, de 1986, estabelece a classificação dos recursos hídricos de acordo com seus usos preponderantes e atribui uma série de parâmetros a cada classe. No seu artigo 21 estabelece uma série de restrições ao lançamento de efluentes de qualquer fonte poluidora, independente da classe e condições do corpo receptor.

É muito importante observar que os órgãos de controle ambiental poderão acrescentar outros parâmetros ou tornar mais restritivos os estabelecidos na Resolução n.º 20, tendo em vista as condições locais (Art. 15).

1.2.5 REGULAMENTAÇÃO ESTADUAL BRASILEIRA PARA EFLUENTES LÍQUIDOS DO SETOR CELULOSE-PAPEL

No Brasil, os estados deliberam sobre os padrões de lançamento de efluentes líquidos industriais, tendo em vista as características regionais e locais e os usos preponderantes ou classe do receptor.

São adotados, normalmente, os padrões fixados pelo artigo 21 da Resolução n.º 20 do CONAMA e, adicionalmente, fixam-se valores para a carga orgânica (DBO₅ e DQO mais comumente) ou para outros parâmetros, eventualmente.

A título de ilustração, citamos: no Rio Grande do Sul existe uma listagem de parâmetros, parecida com aquela do art. 21 da Resolução n.º 20 CONAMA, que estabelece padrões gerais, onde que a carga orgânica e sólidos suspensos são exigidos em função da vazão do lançamento, sem diferenciar para tipologia industrial nem classe do corpo receptor.

No Estado de São Paulo também se trabalha com uma listagem de padrões gerais (como no CONAMA) em que o abatimento da carga orgânica (DBO₅) estabelece um padrão máximo de 60 mg/l para DBO₅ e que somente poderá ser ultrapassado caso a eficiência do sistema de tratamento ultrapasse 80%. Estabelece ainda que os efluentes lançados, mesmo quando dentro dos padrões estabelecidos, não podem causar toxicidade aguda ou crônica aos microorganismos aquáticos do corpo receptor.

No Estado do Paraná a avaliação é feita caso a caso, levando-se em conta a melhor tecnologia viável e as características dos corpos receptores, sendo admitida uma concentração máxima de 50 mg/l para DBO₅ e de 150 mg/l de DQO para despejos do setor papelero. Conforme o caso, é fixado um limite para a toxicidade aguda dos organismos aquáticos, sendo adotados o Fator de Diluição 2 para peixes e Fator de Diluição 4 para Daphnias. Adotam-se os padrões gerais do CONAMA, enquanto que aqueles por tipologia industrial são de uso interno do licenciamento ambiental.

1.2.6 PARÂMETROS PARA EFLUENTES LÍQUIDOS RECOMENDADOS AO LICENCIAMENTO

Recomenda-se que o licenciamento seja feito em função do uso de padrões de emissão por tipo de indústria e das reais necessidades do corpo receptor, para resguardar as características exigidas pelos usos preponderantes do mesmo. Isto significa que embora uma indústria de celulose e papel possa oferecer padrões de emissão dentro das especificações previstas nas normas da tipologia, além disso possa ter exigências ainda mais restritivas para não descaracterizar a qualidade do corpo receptor. Esta é uma cláusula de fundamental importância e deve estar bem caracterizada nas normas de licenciamento que a CPRH adotar.

Recomenda-se, ainda, utilizar os padrões gerais de emissão previstos no Art. 21 da Resolução CONAMA n.º 20 sempre que o corpo receptor tenha condições de assimilar tais poluentes.

É de grande valia ter a vazão mínima dos corpos receptores bem como a sua classificação de acordo com a Resolução CONAMA n.º 20.

A combinação das medidas internas e externas de controle da poluição oferece a alternativa mais econômica para a redução das descargas de fábricas de celulose e papel.

a) Considerações sobre o porte das indústrias de celulose e papel, conforme a produção (de acordo com proposta do Instituto Ambiental do Paraná – Ref. 4)

- Pequena = até 50 toneladas/dia

Recomenda-se exigir relatórios anuais de automonitoramento

- Média = 50-100 toneladas/dia

– Recomenda-se exigir relatórios semestrais de automonitoramento

– Recomenda-se usar medidores automáticos de vazão para indústrias de médio porte

- Grande = mais de 100 toneladas/dia

– Recomenda-se exigir relatórios trimestrais de automonitoramento, mais um anual, das indústrias de porte grande

– Recomenda-se usar medidores automáticos de vazão para indústrias de grande porte

– Recomenda-se usar amostradores automáticos de efluente para indústrias de grande porte

Observação: A produção se refere ao produto final.

b) Considerações sobre o consumo de água

- Recomenda-se a minimização do consumo específico de água, sendo negociados caso a caso os cronogramas, tendo em vista as melhores tecnologias disponíveis. Para as indústrias novas, deverá ser exigido o mínimo consumo específico de água, de acordo com a melhor tecnologia disponível (Tabelas 1, 8, 9, 11, 12, 13).

c) Considerações sobre as tecnologias de produção

- Recomenda-se exigir a substituição de cloro como agente de branqueamento de celulose, preferencialmente, por produtos isentos desse elemento químico.
- Não devem ser licenciadas indústrias de celulose cujo processo não permita a recuperação dos produtos químicos.
- As máquinas de papel devem ter sistemas de recuperação de água e fibras.

d) Exigências para os despejos de indústrias novas

- Produção de celulose, processos Kraft, soda e pasta mecânica (exceção CTMP), integradas ou não

Propõe-se como limites máximos para lançamento dos efluentes em águas (amostras compostas – 24 horas):

DBO₅ – 2,5 Kg DBO₅/t de celulose ou pasta mecânica, seca ao ar

DBO₅ – 50 mg/l

DQO – 10 Kg DQO/t de celulose ou pasta mecânica produzida, seca ao ar

AOX – 1 Kg AOX/t de celulose fibra curta branqueada produzida, seca ao ar

2 Kg AOX/t de celulose fibra longa branqueada produzida, seca ao ar

Toxicidade aguda – FD = 2 (peixes)

FD = 4 (daphnias)

- Produção de pastas de alto rendimento pelos processos CTMP e BCTMP

Propõe-se como limites máximos para lançamento dos efluentes em águas (amostras compostas – 24 horas):

DBO₅ – 5 Kg DBO₅/t de pasta produzida, seca ao ar

DBO₅ – 50 mg/l

DQO – 10 Kg DQO/t de pasta produzida, seca ao ar

- Produção de papel e embalagem

Propõe-se como limites máximos para lançamento dos efluentes em águas (amostras compostas – 24 horas):

DBO – 1 Kg DBO₅/t de papel produzido, seco ao ar

DBO – 25 mg/l (se a vazão específica for abaixo de 10 metros cúbicos por tonelada, poderá ser de 50 mg/l, com carga específica menor)

DQO – 5 Kg DQO/t de papel produzido, seco ao ar

Observação: Casos especiais, como papéis altamente refinados, poderão ter seus limites ampliados.

e) Outros Critérios para o Licenciamento

- Devem ser previstos tanques e sistemas de contenção de derrames, por setor, garantindo controle por área de produção.
- Deve-se analisar caso a caso o consumo de água e o balanço hídrico, garantindo-se o maior índice de reciclagem que o processo permita.
- As linhas de efluentes devem permitir o controle setorial (separação de linhas de efluentes).
- Condensados contaminados apresentam altas cargas de matéria orgânica e toxicidade. Devem ser tratados e reaproveitados.
- Deve ser previsto sistema de reservação de emergência (lagoa de emergência) com capacidade de 18-24 horas de tempo de retenção.
- Sistemas biológicos de tratamento exigem equalização dos efluentes e devem ter entre 18-24 horas de tempo de retenção hidráulica.
- Deve ser avaliada a temperatura dos efluentes, para que seja mantida em níveis aceitáveis para os sistemas de tratamento biológico.
- O lodo biológico de sistemas de tratamento de efluentes de fábricas de celulose e papel é de difícil secagem. Melhores resultados são obtidos quando são misturados aos lodos primários antes do desaguamento.
- O parâmetro cor, principalmente para as indústrias de celulose, deve ser considerado, tendo em vista a manutenção das características do corpo receptor.

I.3 MISSÕES ATMOSFÉRICAS

I.3.1 CARACTERÍSTICAS DAS EMISSÕES ATMOSFÉRICAS

As emissões gasosas dos processos de produção de celulose, sob o ponto de vista de características físicas, são constituídas principalmente de material particulado e de compostos reduzidos de enxofre. As caldeiras de geração de vapor têm suas emanações dependentes do combustível usado.

Os compostos reduzidos são uma mistura dos gases sulfeto de hidrogênio, metil mercaptana, sulfeto de dimetila e dissulfeto de dimetila e são chamados de TRS.

O Quadro 2, abaixo, apresenta um resumo das emissões por fontes (Ref. 10 e Ref. 6) (Celulose Kraft)

| Fonte | Emissões |
|-----------------------------------|--|
| Digestor | Vapor de água e TRS |
| Depuradores e tanques de lavagem | Névoas e TRS |
| Armazenamento de licor negro | TRS |
| Torre de oxidação de licor negro | TRS |
| Evaporadores de múltiplos efeitos | TRS |
| Caldeira de recuperação | Particulados, TRS, SO ₂ , NO ₂ |
| Tanque de dissolução de fundidos | Névoas e TRS |
| Forno de cal | Particulados, TRS, SO ₂ e NO ₂ |
| Tanque de caustificação | Névoas e TRS |
| Caldeira para geração de energia | Particulados, SO ₂ , NO ₂ , CO e CH ₄ |

QUADRO 2 - Resumo das emissões por fonte (Ref. 6 e 10)

A composição qualitativa dos poluentes atmosféricos pode ser resumida no Quadro 3, a seguir (Ref. 10):

| Categoria | Composição qualitativa |
|--------------|---|
| Particulados | Carbonato de sódio, sulfeto de sódio, cal, óxido de sódio, carbono e cinzas |
| TRS | Sulfeto de hidrogênio, metil mercaptana, sulfeto de dimetila, dissulfeto de dimetila, etil mercaptana, isopropil mercaptana, N-propil mercaptana, sulfeto de etila e outros |
| Outros gases | Monóxido de carbono, dióxido de enxofre, cloro, dióxido de cloro, dióxido de carbono, álcool metílico, álcool etílico e acetona |

QUADRO 3 - Composição de poluentes atmosféricos (Ref. 10)

As fontes mais importantes de geração de material particulado são:

- Caldeira de recuperação
- Forno de cal
- Tanque de dissolução de fundidos
- Caldeira de geração de vapor (principalmente usando biomassa como combustível)

As fontes mais importantes de TRS são:

- Digestor
- Tanque de descarga (blow tank) e tanque de água quente
- Evaporação de múltiplo efeito
- Coluna de destilação
- Caldeira de recuperação
- Tanque de dissolução de fundidos
- Forno de cal

A tabela 21 mostra valores típicos de concentração de gases reduzidos de enxofre para uma planta Kraft (Ref. 6).

TABELA 21
CONCENTRAÇÕES TÍPICAS DE GASES TRS PARA CELULOSE KRAFT (REF. 6)

| Concentração (ppm por volume) | | | | |
|--|--------------------|----------------------|----------------------------------|-----------------------------------|
| Fonte | H ₂ S | CH ₃ SH | CH ₃ SCH ₃ | CH ₃ SSCH ₃ |
| Digestor Batch - gases do Blow - gases de alívio | 0-1.000 0-2.000 | 0-10.000 10-5.000 | 100-45.000 100-60.000 | 10-10.000 100-60.000 |
| Digestor contínuo | 10-300 | 500-10.000 | 1.500-7.500 | 500-3.000 |
| Respiro dos filtros lavadores | 0-5 | 0-5 | 0-15 | 0-3 |
| Selo do tanque do filtrado | 0-2 | 10-50 | 10-700 | 1-150 |
| Evaporadores – tanque de água quente | 600-9.000 | 300-3.000 | 500-5.000 | 500-6.000 |
| Torre de oxidação do licor negro | 0-10 | 0-25 | 10-500 | 2-95 |
| Caldeira recuperação – após evaporador de contato direto | 0-1.500 | 0-200 | 0-100 | 2-95 |
| Tanque de dissolução | 0-75 | 0-2 | 0-4 | 0-3 |
| Forno de cal | 0-250 | 0-100 | 0-50 | 0-20 |
| Respiro do Slaker | 0-20 | 0-1 | 0-1 | 0-1 |

Os fatores de emissão dos compostos reduzidos de enxofre foram estabelecidos pela EPA e são apresentados em várias publicações (Ref. 3, 5, 6), conforme mostra a tabela 22.

TABELA 22**FATORES DE EMISSÃO DE TRS POR FONTES NO PROCESSO KRAFT (REF. 3, 5, 6)**

| Fatores de emissão em Kg enxofre por tonelada de celulose seca ao ar | | | | |
|--|------------------|--------------------|----------------------------------|-----------------------------------|
| Fonte | H ₂ S | CH ₃ SH | CH ₃ SCH ₃ | CH ₃ SSCH ₃ |
| Digestor Batch - gases do Blow - gases de alívio | 0-0,15 0-0,05 | 0-1,3 0-0,3 | 0,05-3,3 0,05-0,8 | 0,05-2,0 0,05-1,0 |
| Digestor contínuo | 0-0,1 | 0,5-1,0 | 0,05-0,5 | 0,05-0,4 |
| Respiro dos filtros lavadores | 0-0,01 | 0,05-1,0 | 0,05-0,5 | 0,05-0,4 |
| Selo do tanque do filtrado | 0-0,01 | 0-0,01 | 0-0,05 | 0-0,03 |
| Tanque de água quente do evaporador | 0,05-1,5 | 0,05-0,8 | 0,05-1,0 | 0,05-1,0 |
| Torre de oxidação do licor negro | 0-0,01 | 0-0,01 | 0-0,4 | 0-0,3 |
| Caldeira recuperação após evaporador de contato direto | 0-25 | 0-2 | 0-1 | 0-0,3 |
| Caldeira recuperação sem evaporador de contato direto | 0-1 | 0-0,01 | 0-0,01 | 0-0,1 |
| Tanque de dissolução | 0-1 | 0-0,8 | 0-0,05 | 0-0,3 |
| Forno de cal | 0-0,05 | 0-0,2 | 0-0,1 | 0-0,05 |
| Respiro do Slaker | 0-0,01 | 0-0,01 | 0-0,01 | 0-0,01 |

Os gases formados pelos compostos reduzidos de enxofre são produzidos em sua maior parte no cozimento e na evaporação, sendo queimados em incinerador especial, no forno de cal, em caldeira auxiliar ou na caldeira de recuperação.

Valores típicos globais de TRS são apresentados na Tabela 23.

TABELA 23
VALORES TÍPICOS DE TRS POR SETOR (REF. 6)

| | Parâmetros | |
|------------|--------------------------|---|
| Setores | TRS, Kg/t _{csa} | Vazão, m ³ /t _{csa} |
| Cozimento | 0,25-2,5 | 0,6-6,0 |
| Evaporação | 0,1-1,5 | 0,6-13 |

As emissões de poluentes atmosféricos derivados do enxofre são bastante inferiores nas polpas soda quando comparadas com as polpas Kraft, principalmente nos casos em que não se usa nenhum derivado de enxofre no licor de cozimento. A Tabela 24, abaixo, mostra estas diferenças.

TABELA 24
EMISSIONES ATMOSFÉRICAS REPRESENTATIVAS DOS PROCESSOS KRAFT E SODA
(REF. 6)

| Parâmetro | Fator de Emissão, Kg/t _{csa} | |
|-----------------|---------------------------------------|--------|
| | Kraft | Soda |
| TRS | 0,12 | 0,0002 |
| SO ₂ | 2,3 | 0,9 |
| Particulados | 2,8 | 2,7 |
| NO _x | 21,9 | 27,1 |

As principais fontes de geração de material particulado são a caldeira de recuperação, forno de cal, caldeira de força e tanque de dissolução. No processo Kraft os fatores de emissão após controle são mostrados na Tabela 25 (Ref. 10, 6)

TABELA 25
FATORES DE EMISSÃO DE PARTICULADOS NO PROCESSO KRAFT APÓS CONTROLE
(REF. 6, 10)

| Fonte de emissão | Fator de emissão, Kg/t _{csa} |
|--|---------------------------------------|
| Caldeira de recuperação: • Após Precipitador eletrostático • Após evaporação venturi dos gases | 0,5 a 12 7 a 25 |
| Forno de cal | 0,15 a 2,5 |
| Tanque de dissolução | 0,01 a 0,5 |

Para caldeiras de força as emissões são relacionadas aos tipos de combustíveis. Para estimar os fatores de emissão são comumente usados os valores médios de poder calorífico estabelecidos para os principais combustíveis pela EPA americana.

TABELA 26

FATORES DE EMISSÃO PARA CALDEIRAS DE VAPOR SEM CONTROLE PARA DIVERSOS COMBUSTÍVEIS (REF. 10)

| Tipo de poluente | Fator de Emissão em Kg/10 ⁶ KJ | | | |
|--|---|------------------------------|----------------------------|------------------------------------|
| | Carvão betuminoso ^(a) | Óleo residual ^(b) | Gás natural ^(c) | Resíduos de madeira ^(d) |
| Material particulado | 0,38 | 0,024 | 0,005 | 1,50 |
| Óxidos de enxofre, como SO ₂ | 0,84 | 0,46 | - | 0,16 |
| Óxidos de nitrogênio, como NO ₂ | 0,39 | 0,23 | 0,16 | 0,43 |
| Hidrocarbonetos, como CH ₄ | 0,007 | - | 0,17 | 0,11 |
| Monóxido de carbono | 0,021 | - | - | 0,11 |

a) Baseado num valor de poder calorífico médio de 25,7 MJ/Kg carvão.

b) Baseado num valor de poder calorífico médio de 41,9 GJ/m³ de óleo.

c) Baseado num valor de poder calorífico médio de 39,1 MJ/m³ de gás natural.

d) Baseado num valor de poder calorífico médio de 18,6 MJ/Kg de madeira seca ou 9,3 MJ/Kg de madeira com 50% de umidade.

Em relação à emissão de dióxido de enxofre e óxidos de nitrogênio considera-se a Tabela 27.

TABELA 27

TÍPICOS FATORES DE EMISSÃO E CONCENTRAÇÕES DE SO₂ E NO_x DE FONTES DE COMBUSTÃO DE PROCESSOS KRAFT (REF. 5, 6)

| Fonte | Concentração ppm por volume | | | Fator de emissão Kg/t celulose seca ao ar | | |
|--|--------------------------------|-----------------|--|--|-----------------|--|
| | SO ₂ | SO ₃ | NO _x (como NO ₂) | SO ₂ | SO ₃ | NO _x (como NO ₂) |
| Caldeira de recuperação: • Sem comb. auxiliar • Com comb. auxiliar | 0-1.200 | 0-100 | 10-70 | 0-40 | 0-4 | 0,7-5 |
| | 0-1.500 | 0-150 | 50-400 | 0-50 | 0-6 | 1,2-10 |
| Forno de cal | 0-200 | | 100-260 | 0-1,4 | | 10-25 |
| Tanque de dissolução | 0-100 | | | 0-0,2 | | |
| Caldeira de força | | | 161-232 | | | 5-10 ^(b) |

(b) Kg/t de óleo

A eficiência dos sistemas de controle de particulados nas caldeiras de vapor é função do tipo de combustível e do processo de controle, segundo adaptação da tabela 28, a seguir.

TABELA 28

EMIÇÃO DE PARTICULADOS DE CALDEIRAS DE VAPOR

| N.º de caldeiras | % de combustível por poder calorífico | | | | Eq. de Controle | Conc. de particula do em g/m ³ | | Eficiência do coletor em % | Taxa de emissão Kg/h |
|---------------------|--|------|-----|--------------|-------------------------------|--|-------|----------------------------------|----------------------------|
| | carvão | óleo | gás | res. mad. | | entrada | saída | | |
| 18 | 100 | 0 | 0 | 0 | ciclone | 4,28 | 0,5 | 80 | 129 |
| 2 | 100 | 0 | 0 | 0 | lavador c/ líquido | - | - | - | 136 |
| 2 | 100 | 0 | 0 | 0 | precipitador eletrostático | 11,2 | 0,98 | 91 | 180 |
| 16 | 0 | 46 | 0 | 54 | ciclone | 7,9 | 1,05 | 87 | 140 |
| 2 | 75 | 0 | 0 | 25 | ciclone | - | | - | 73 |
| 2 | 0 | 0 | 62 | 38 | ciclone | 5,3 | 0,39 | 93 | 70 |
| 2 | 73 | 16 | 0 | 11 | ciclone | - | | - | 228 |
| 3 | 0 | 25 | 39 | 36 | ciclone | 4,3 | 0,71 | 84 | 202 |
| 2 | 0 | 0 | 0 | 100 | ciclone | 3,2 | 0,89 | 72 | 44 |

Os resíduos de madeira oferecem menor eficiência na remoção de particulados usando ciclones, conforme mostra a Tabela acima.

No forno de cal o controle de particulados é, na maioria dos casos, feito por lavadores tipo Venturi. O sistema de lavagem por aspersão é menos eficiente, conforme é mostrado por Springer (Ref. 6). A eficiência média para o lavador Venturi foi de 94,8 % enquanto que o sistema de aspersão proporcionou 92,2%. O mais indicado, entretanto, é o precipitador eletrostático que pode proporcionar uma eficiência de 99%.

A tabela 29, adiante, aponta uma listagem de poluentes que poderiam estar presentes nos combustíveis mais comuns da indústria de celulose e papel e usados nas caldeiras auxiliares de utilidades.

TABELA 29

POLUENTES TÍPICOS DA COMBINAÇÃO DE COMBUSTÍVEIS (REF. 6)

| Fonte | Poluentes |
|-------------------------|---|
| Caldeiras de Utilidades | Arsênio, cádmio, cromo, chumbo, manganês, níquel, selênio, formaldeído, hexano, tolueno, benzeno, berílio, mercúrio, fósforo, matéria orgânica policíclica. |

Observação: No caso específico de fábricas de papel não-integradas as emissões atmosféricas são provenientes basicamente das caldeiras de vapor/força, para as quais são aplicáveis os fatores de emissão apresentados nas tabelas 26, 27 e 28.

1.3.2 MEDIDAS DE CONTROLE DAS EMISSÕES ATMOSFÉRICAS

As medidas principais de controle por poluente são:

- Compostos Reduzidos de Enxofre

Para minimizar seus efeitos, os gases odoríferos contendo TRS deverão ser coletados e tratados em condensadores e os gases não-condensáveis queimados em incinerador específico ou no forno de cal. Nas fontes mais importantes, ou seja, caldeira de recuperação e forno de cal, deve haver monitoramento contínuo com registrador gráfico para medir as concentrações e acionar sistemas de alarme no caso de locais muito sensíveis. A adoção destas medidas aliadas à adequada operação e manutenção dos equipamentos, permitirá atingir eficiências de remoção em torno de 95%.

- Material Particulado

As principais fontes de emissão de particulados são a caldeira de recuperação, o forno de cal, a caldeira de geração de vapor e o tanque de dissolução.

A tecnologia de controle mais recomendada é o precipitador eletrostático com vários campos (pelo menos 3), possibilitando eficiências de remoção da ordem de 99,5% e bastante usada nas caldeiras de recuperação, forno de cal e caldeira de geração de vapor.

Ciclones e lavadores Venturi também são usados, podendo chegar a eficiências acima de 90%.

- Controle de Dióxido de Enxofre

Pode ser gerado nas caldeiras de geração de vapor (no caso de óleo ou carvão), na caldeira de recuperação e nas demais fontes de uso de combustíveis que contenham enxofre.

Recomenda-se substituir o óleo de alto teor de enxofre pelo de baixo teor, por biomassa ou por gás natural.

As seguintes medidas operacionais e complementares de controle das emissões atmosféricas são recomendadas:

- Caldeiras de Recuperação
 - Deverá operar próxima da sua capacidade operacional.
 - O sistema de distribuição de ar deverá ter válvulas ou registros para sua regulação.
 - Deverá dispor de visores da câmara de combustão.
 - A caldeira deverá possuir instrumentação básica para registrar quantidade, pressão e temperatura do ar, concentração de TRS, CO e CO₂.
 - A caldeira deverá ter altura suficiente para permitir boa dispersão.
- Forno de Cal e Caustificação
 - Não usar água contaminada com sulfetos orgânicos na caustificação.
 - A lama deve estar bem lavada.
 - Devem ser monitorados: consumo de óleo, oxigênio residual, temperatura na câmara de combustão e nos gases de saída.
- Combustíveis

Para as caldeiras de vapor procurar utilizar combustíveis com menor impacto sobre a saúde e o meio ambiente. A preferência deve ser pelo gás natural (tabela 26). As biomassas produzem muito material particulado e cinzas, enquanto o óleo combustível e o carvão mineral são grandes geradores de dióxido de enxofre. O carvão também produz muita cinza. O gás natural é a melhor indicação em qualquer situação, enquanto que as biomassas são mais indicadas para ambientes afastados de aglomerados humanos.

I.3.3 REGULAMENTAÇÕES INTERNACIONAIS PARA EMISSÕES ATMOSFÉRICAS

I.3.3.1 PADRÕES DE LANÇAMENTO PARA ALGUNS PAÍSES

a) EUA

Os padrões americanos, constantes no Federal Register (vol. 43, n.º 37, part 60, February, 1978), têm sido aplicados e usados em muitos países, inclusive no Brasil, onde foram e estão sendo usados como referência em todos os grandes empreendimentos do setor papelero. É interessante observar que, enquanto no controle de efluentes hídricos houve e tem havido um enorme avanço no sentido de minimizar as cargas orgânicas, notadamente as tóxicas, no controle das emanações gasosas o aumento de restrições tem sido bem menor.

Na Tabela 30, a seguir, é apresentada, de forma resumida, a Norma Americana para novas fontes (NSPS) de 1978, para o processo Kraft.

O Clean Air ACT (USA) de 1990 (Ref. 6) estabeleceu que nos 6 anos seguintes deveria haver um abatimento de poluentes atmosféricos convencionais de 15% e de 3% para cada ano seguinte. A aplicação desta legislação foi dependente das regiões, dando-se mais tempo para aquelas com maiores problemas ambientais. O setor de celulose e papel foi afetado ainda por se enquadrar naquelas categorias com possíveis lançamentos de produtos tóxicos, principalmente oriundos de caldeiras de força que usam diferentes fontes de combustíveis.

Um aspecto interessante a analisar é como se proceder com unidades de celulose e papel já existentes com relação às exigências novas em padrões de emissão. Pode ser citado o caso das experiências em relação aos compostos TRS nas fábricas de celulose Kraft nos Estados Unidos (Ref. 6) e mostrado na Tabela 31, adiante. O objetivo é minimizar a emanação dos gases odoríferos.

TABELA 30**NSPS PARA NOVAS FONTES DE CELULOSE KRAFT (REF. 6, 10, 3)**

| Fonte | Poluente | Nível de emissão | Monitoramento requerido |
|---|-----------------------------|--|---------------------------------|
| Caldeira de recuperação | Particulados | 100 mg/Nm ³ , base seca, corrigido para 8% de O ₂ | Não requerido |
| | Opacidade | 35% | contínuo |
| | TRS – recuperação direta | 5 ppm por volume em base seca, corrigido para 8% de O ₂ (média de 12 horas consecutivas) | Contínuo |
| | – recuperação indireta | 25 ppm por volume em base seca, corrigido para 8% de O ₂ (média de 12 horas consecutivas) | Contínuo |
| Tanque de dissolução | Particulados | 0,1 g/Kg de sólido seco do licor negro queimado na caldeira de recuperação | Não requerido |
| | TRS | 0.0084 g/Kg de sólido seco no licor preto queimado na caldeira de recuperação (média de 12 horas consecutivas) | Não requerido |
| Forno de cal | Particulados | 300 mg/Nm ³ base seca, corrigido para 10% de O ₂ , usando óleo combustível 150 mg/Nm ³ base seca, corrigido para 8% de O ₂ , usando gás | Não requerido |
| | TRS | 8 ppm por volume em base seca, corrigido para 8% de O ₂ (média de 12 horas consecutivas) | Contínuo |
| Digestor, lavagem, evaporadores, oxidação do licor ou sistemas de separação | TRS | 5 ppm por volume corrigido para 10 % de O ₂ (média de 12 horas consecutivas) | Contínuo (na unidade de queima) |

TABELA 31
LIMITES REGULAMENTADOS PARA PROCESSO KRAFT EM
TERMOS DE TRS PARA INDÚSTRIAS NOVAS E JÁ EXISTENTES (USA)

| Fonte | Unidade nova | Unidade nova |
|---|-----------------|-----------------|
| Caldeira de recuperação, ppm (em volume) | | |
| • Projeto | 5 ^a | 20 ^a |
| • Projeto novo | 5 ^a | 5 ^a |
| • Recuperação indireta | 25 ^a | 25 ^a |
| Digestor, ppm (em volume) | 5 | 5 |
| Evaporadores múltiplo efeito, ppm (em volume) | 5 | 5 |
| Forno de cal, ppm (em volume) | 8 | 20 ^b |
| Lavagem massa escura, ppm (em volume) | 5 | Sem controle |
| Oxidação licor negro, ppm (em volume) | 5 | Sem controle |
| Separação dos condensados, ppm (em volume) | 5 | 5 |
| Tanque de dissolução, mg/Kg de sólidos do licor | 8,4 | 8,4 |

a – a ser alcançado em 99% de 12 horas contínuas de amostragem

b – a ser alcançado em 98% dos períodos de 12 horas contínuas de amostragem

A Associação Nacional de Fabricantes de Papel e Celulose (Ref. 3) compilou os padrões de emissão atmosférica de alguns países, apresentados, a seguir, nas Tabelas 32, 33, 34 e 35.

b) Austrália:**TABELA 32****PADRÕES DE EMISSÃO ATMOSFÉRICA (1990) PARA FÁBRICAS DE CELULOSE KRAFT**

| Poluente/Fonte | Padrão, mg/Nm³ |
|---|----------------------------------|
| Particulados: <ul style="list-style-type: none"> • Caldeira de recuperação (12% CO₂) • Forno de cal (10% CO₂) • Caldeira auxiliar (12% CO₂) | 150 150 225 |
| Névoas ácidas e SO ₃ 200 | 200 |
| Compostos reduzidos de enxofre – TRS (como H ₂ S) <ul style="list-style-type: none"> • Caldeira de recuperação (8% de O₂) • Forno de cal (10% de O₂) | 5 10 |
| Ácido clorídrico | 400 |
| Cloro e compostos clorados (exceto HCl) | 200 |
| Óxidos de nitrogênio, como NO ₂ (7% O ₂) | 500 |
| Opacidade | % obscurecimento |
| <ul style="list-style-type: none"> • Caldeira de recuperação • Outras caldeiras • Forno de cal • Outros calcinadores | 35 20 10 20 |

c) Canadá:

TABELA 33

EMISSIONES ATMOSFÉRICAS PARA NOVAS FÁBRICAS DE CELULOSE KRAFT (REF. 3)

| Província de British Columbia | | | |
|-------------------------------|------------------------------------|---|--------|
| Fonte | Poluente | Unidade | Valor |
| Caldeira de recuperação | Particulados | Kg/t _{CSA} | 2,3 |
| | TRS | Kg/t _{CSA} | 0,0073 |
| | SO ₂ | ppm | 200 |
| Forno de cal | Particulados | Kg/t _{CSA} | 0,68 |
| | TRS | Kg/t _{CSA} | 0,18 |
| Branqueamento | Cl ₂ + ClO ₂ | ppm | 0,1 |
| Caldeira de biomassa | Particulados | mg/Nm ³ (12% CO ₂) | 230 |

d) Portugal:

TABELA 34

EMISSIONES ATMOSFÉRICAS PARA FÁBRICAS DE CELULOSE (REF. 3)

| Fonte | mg/Nm ³ | | | | |
|-------------------------|--------------------|---------|------------------|-----------------|---------|
| | Particulados | | H ₂ S | SO ₂ | |
| | Kraft | Sulfito | Kraft | Kraft | Sulfito |
| Caldeira de recuperação | 150 | 150 | 10 | 500 | |
| Forno de cal | | | 50 | | |
| Caldeira auxiliar | | | | 1700 | 1700 |

e) Suécia:

TABELA 35

EMISSIONES ATMOSFÉRICAS PARA FÁBRICAS DE CELULOSE – VALORES DE REFERÊNCIA (REF. 3)

| Fontes | Particulados mg/Nm ³ | H ₂ S mg/Nm ³ | SO ₂ Kg/t _{csa} | Cl ₂ /ClO ₂ KgCL ₂ /t _{csa} |
|---|------------------------------------|--|-------------------------------------|--|
| Forno de cal: • Antigo (média de 12 meses) • Novo (média mensal) | 250 150 | 50 ^a | | |
| Caldeira de recuperação • Antiga (Kraft) • Nova (Kraft) • Antiga (Sulfito) | 250 150 | 10 ^a 10 ^b 50 | | |
| Caldeira auxiliar • Biomassa (10% CO ₂) | 500 (menos que 30 Kg/h) | | | |
| Branqueamento | | | | 0,2-0,3 |
| Fábrica total: • Kraft • Sulfito | | | 3 ^c 5 ^c | |

^a Pode ser excedido em 10% do tempo de operação em cada mês.

^b Pode ser excedido em 5% do tempo de operação de cada mês.

^c Vigente em 1995.

1.3.3.2 VALORES REFERENCIAIS

• Levantamento de valores referenciais de emissão feito em junho de 1997 em várias fábricas européias e da América do Norte (Jaako Pöyry – 1997)

A informação mais recente sobre padrões de emissão do setor celulose e papel foi conseguido da Firma Consultora Jaako Pöyry, em junho de 1997, e engloba o levantamento de indústrias da Europa e da América do Norte. Os valores são apresentados nas Tabelas adiante (36, 37, 38 e 39) e representam o estado da arte em nível de emissões.

a) Celulose Kraft:

TABELA 36
EMISSÕES ATMOSFÉRICAS PARA UNIDADES KRAFT

| Poluente | Unidade | Total do processo | Caldeira de recuperação | Forno de cal | Caldeira de casca | Óleo como combustível |
|---|-------------------------------|-------------------|-------------------------|--------------|-------------------|-----------------------|
| Enxofre (como S) | Kg/t | 0,5-1,5 | | | | |
| NO _x (como NO ₂) | Kg/t | 1,2-2,0 | 0,6-1,8 | 0,3 | 0,5 | 1,0 |
| NO _x (como NO ₂) | mg/MJ | | 50-90 | 140-200 | 80-100 | 150-250 |
| Material particulado total | mg/Nm ³ (gás seco) | | 100-250 | 150-250 | 100-500 | 1,5g/Kg de óleo |

b) Celulose sulfito:

TABELA 37
EMISSÕES ATMOSFÉRICAS PARA PROCESSO SULFITO

| Poluente | Unidade | Total do processo | Sistema de recuperação | Caldeira de casca | Óleo como combustível |
|---|---------------------------------|-------------------|------------------------|-------------------|-----------------------|
| Enxofre (como S) | Kg/t | 3-5 | | | |
| NO _x (como NO ₂) | Kg/t | 1,7-2,5 | | | |
| Material particulado total | mg/Nm ³ (em ar seco) | | 50 | 200 | 1,5g/Kg de óleo |

c) Polpas de alto rendimento (CMP, CTMP e BCTMP):

TABELA 38

EMISSIONES ATMOSFÉRICAS PARA PASTAS DE ALTO RENDIMENTO

| Poluente | Unidade | Total do processo | Caldeira de casca | Carvão como combustível | Óleo como combustível |
|---|---------------------------------|-------------------|-------------------|-------------------------|-----------------------|
| Enxofre (como S) | - | - | - | - | - |
| NO _x (como NO ₂) | - | - | - | - | - |
| Material particulado total | mg/Nm ³ (em ar seco) | | 500 | 35 | 1,5 g/Kg de óleo |

d) Fábricas de papel não-integradas

TABELA 39

EMISSIONES ATMOSFÉRICAS PARA FÁBRICA DE PAPEL

| Poluente | Unidade | Total do processo | Carvão | Óleo |
|---|--------------------------------|-------------------|--------|----------------|
| NO _x (como NO ₂) | Kg/t | 0,5 | | |
| Material particulado total | mg/Nm ³ (base seco) | - | 35 | 1 g/Kg de óleo |

1.3.4 REGULAMENTAÇÕES EM NÍVEL FEDERAL PARA EMISSIONES ATMOSFÉRICAS DO SETOR PAPELEIRO

Não existe nenhuma regulamentação federal específica para as indústrias de celulose e papel. Duas Resoluções do CONAMA estão relacionadas com o setor e são as seguintes:

- Resolução n.º 3/80, de 22/06/90, publicada em 22/08/90:

Estabelece padrões de qualidade do ar e os níveis de concentração para a elaboração de planos de emergência para episódios críticos de poluição do ar.

- Resolução n.º 8/90, de 06/12/90, publicada em 28/12/90:

Estabelece, em nível nacional, limites máximos de emissão de poluentes no ar para processos de combustão externa em novas fontes estacionárias de poluição, segundo suas capacidades nominais.

A Resolução n.º 8/90 pode afetar os limites de emissão de fontes dentro da indústria de celulose e papel, caso as áreas circunvizinhas tenham sido devidamente classificadas.

I.3.5 REGULAMENTAÇÃO EM NÍVEL ESTADUAL PARA EMISSÕES ATMOSFÉRICAS DO SETOR PAPELEIRO

Os Estados têm procurado exigir o controle das fontes de poluição, com base na aplicação de melhor tecnologia prática disponível.

O Estado de São Paulo estabeleceu padrões de emissão das indústrias de celulose e papel baseado nos padrões americanos de 1978, adotando em alguns casos valores mais restritivos que refletem o avanço tecnológico dos processos produtivos e de controle praticados em nível internacional (para processo Kraft).

Os padrões de emissão são os seguintes (Ref. 10):

- Compostos reduzidos de enxofre

- Caldeira de recuperação: 5 ppm por volume em base seca, corrigido para 8% de O₂ (média de 12 horas consecutivas)

- Tanques de dissolução de fundidos: 0,0084 g/Kg de sólido seco contido no licor negro queimado na caldeira (média de 12 horas consecutivas)

- Forno de cal: 8 ppm por volume em base seca, corrigido para 10% de O₂ (média de 12 horas consecutivas)

Observação: Os gases com TRS dos digestores, evaporação, tratamento de condensado contaminado, lavagens de polpa e oxidação de licor negro devem ser coletados e queimados em forno de cal ou incinerador próprio.

- Material particulado

- Caldeira de recuperação: 80 mg/Nm³ base seca, corrigido para 8% de O₂.

- Tanques de dissolução: 0,1 g/Kg de sólido seco contido no licor negro processado nas caldeiras de recuperação.

- Forno de cal: 143 mg/Nm³ base seca, corrigido para 10% de O₂, utilizando óleo combustível.

I.3.6 VALORES REFERENCIAIS BRASILEIROS

A Associação Nacional dos Fabricantes de Papel e Celulose (Ref. 3) fez um levantamento de valores referenciais de emissão para vários projetos de indústrias de celulose e papel no Brasil, novas e ampliações, e resumiu os mesmos na tabela 40, a seguir. A publicação não fornece o nome das indústrias nem a sua localização. É uma informação importante que demonstra a diversidade de valores ainda adotados.

TABELA 40
VALORES REFERENCIAIS DE EMISSÃO NO BRASIL (REF. 3)

| Fontes | Material particulado | Dióxido de enxofre | TRS |
|----------------------------------|---|---|---|
| Caldeira de recuperação | 125 mg/Nm ³ , (8% O ₂) | 200 mg/Nm ³ , (8% O ₂) | 5,0 ppm, (8% O ₂) |
| | 107 mg/Nm ³ , base seca, 8% O ₂ | | 3,0 ppm, base seca (8% O ₂) |
| | 100 mg/Nm ³ , (8% O ₂) | | 2,0 ppm, base seca (8% O ₂) |
| | 80 mg/Nm ³ , base seca, (8% O ₂) | | 1,5 ppm, base seca (8% O ₂) ^a |
| | | | 1,0 ppm, base seca (8% O ₂) ^b |
| Fornos de cal | 150 mg/Nm ³ , (10% O ₂) | | 8,0 ppm, base seca (10% O ₂) |
| | 143 mg/Nm ³ , base seca, (10% O ₂) | | 3,0 ppm, base seca (10% O ₂) ^b |
| | 100 mg/Nm ³ , (10% O ₂) | | |
| Tanque de dissolução de fundidos | 0,1 g/Kg de sólidos secos do licor negro | | 0,0084 g/Kg de sólidos secos do licor negro |
| | 200 mg/Nm ³ , (10% O ₂) | | |
| | 100 mg/Nm ³ , (10% O ₂) | | |
| Caldeira de biomassa | 200 mg/Nm ³ | | |
| | 100 mg/Nm ^{3*} | | |
| | 100 mg/Nm ^{3**} | | |

^a = ano 1994

^b = ano 1995

Nota: Os valores não guardam correspondência nas linhas.

I.3.7 PARÂMETROS PARA EMISSÕES ATMOSFÉRICAS RECOMENDADOS AO LICENCIAMENTO

Recomenda-se que o licenciamento a ser executado pela CPRH utilize padrões de emissão específicos para a tipologia celulose e papel, resguardada a qualidade do ar ambiental dentro dos padrões de qualidade prevista na legislação federal (Resolução CONAMA).

O padrão de emissão é importante por refletir o nível de tecnologia de processos de produção e de controle final, fazendo com que haja homogeneidade nas exigências mínimas de um setor industrial. O padrão de emissão deve garantir uma qualidade de ar adequada para a maioria das situações, podendo, entretanto, não ser suficiente para os casos de grande proximidade de aglomerados humanos, ainda mais em condições meteorológicas adversas. Os padrões de emissão também devem ser dinâmicos, de tal forma que possam incorporar avanços tecnológicos e novos conhecimentos sobre os efeitos dos poluentes sobre a saúde ou sobre os recursos ambientais.

No Brasil foram implantadas, nos últimos anos, fábricas novas e ampliadas várias existentes com tecnologias atualizadas nos processos produtivos e também nos processos de controle ambiental. Tanto é que a primeira empresa do setor de celulose no mundo a obter a certificação da ISO 14000 foi a Bahia Sul (Ref. 12). As exigências no controle ambiental das empresas mais modernas no Brasil estão muito próximas daquelas utilizadas em outras partes do mundo, conforme já ficou evidenciado no material bibliográfico levantado e apresentado no presente documento. Como o setor papelero é muito dinâmico e depende da exportação, é impelido a acompanhar a evolução tecnológica para manter-se competitivo. Obter a certificação da ISO 9000 e também da ISO 14000 é uma questão de sobrevivência para as empresas de certo porte. Baseado nestes fatos é que a exigência de um bom desempenho ambiental não deve mais ser encarado como um fator de inibição ao desenvolvimento e modernização das empresas mas como uma forma de acelerar a sua competitividade.

Aqui são considerados 3 grupos de fábricas representativas do setor de celulose e papel:

Grupo I: Celulose Kraft, Sulfito e Soda.

Grupo II: Pastas de Alto Rendimento.

Grupo III: Fábricas de Papel sem produção de polpa.

a) Considerações sobre o porte das indústrias conforme a produção

(de acordo com proposta do Instituto Ambiental do Paraná, Ref. 4):

Pequena: até 50 toneladas por dia.

Média: de 50 a 100 toneladas por dia.

Grande: mais de 100 toneladas por dia.

Observação: A produção se refere ao produto final

Recomendações sobre monitoramento de acordo com o porte e o grupo:

- Relatórios de Automonitoramento:

- Recomenda-se exigir relatórios semestrais para as empresas de médio e grande portes pertencentes ao Grupo I.

- Recomenda-se exigir relatórios anuais para as empresas de todos os portes pertencentes aos Grupos II e III e de pequeno porte do Grupo I.

- Os relatórios de automonitoramento do Grupo I devem conter a avaliação dos seguintes parâmetros:

- ◇ Compostos Reduzidos de Enxofre e Particulados dos processos de polpação (digestor e outros) e de recuperação química (caldeira e forno de cal).

- ◇ Particulados das caldeiras auxiliares que queimam biomassa e, adicionalmente, dióxido de enxofre, no caso de queimar carvão ou óleo combustível.

- O monitoramento deverá ser contínuo para TRS na caldeira de recuperação e no forno de cal para as unidades do Grupo I de porte grande. Deverá ter registro gráfico de TRS e da porcentagem de oxigênio por volume.

- Os relatórios de automonitoramento dos Grupos II e III devem conter a avaliação de particulados das caldeiras de vapor/força quando o combustível for biomassa, e, adicionalmente, dióxido de enxofre no caso do combustível ser carvão ou óleo.

- No caso das pastas CTMP e BCTMP (químicas) que tiverem processos de concentração e queima do licor de cozimento haverá também necessidade de monitoramento de TRS e particulados. Nas unidades de grande porte este monitoramento deverá ser contínuo para TRS.

b) Considerações sobre as tecnologias de produção:

- Recomenda-se não licenciar indústrias de celulose, Grupo I, cujo processo não permita a recuperação de produtos químicos.

- Nas regiões em que houver a possibilidade de utilizar gás natural como combustível para as caldeiras auxiliares sugere-se que o licenciamento ambiental apoie fortemente o uso de tal combustível, pelas grandes vantagens de ordem ambiental que oferece. Para as áreas urbanizadas deveria ser uma exigência.

- Recomendar instalação de caldeiras de recuperação do tipo "Odor-Less", que não permitam o contato dos gases de combustão diretamente com a lixívia negra, reduzindo, com isto, consideravelmente, a emissão de TRS. Este tipo de caldeira evita a necessidade de oxidar o licor negro.

- Favorecer e recomendar o uso de combustíveis sem ou com o menor teor de enxofre, como as biomassas e óleo com baixo teor de enxofre.

c) Padrões de emissão para indústrias novas:

Grupo I: Celulose Kraft

Recomenda-se, ainda, utilizar os principais padrões estabelecidos pela legislação americana (Federal Register, vol. 43, n.º 37, 1978), com algumas modificações em face dos licenciamentos feitos no Brasil na década de 90.

Emissão de compostos reduzidos de enxofre:

- Caldeira de recuperação:

- "Emissão de TRS não superior a 5 ppm por volume, em base seca, corrigido a 8% de O₂"

- "Exigência de sistema de monitoramento contínuo com registrador gráfico para monitorar e gravar a concentração das emissões de TRS e a porcentagem de oxigênio por volume".

- Tanque de dissolução de fundidos (licor verde):

- "Emissão de TRS não superior a 0,0084 g/Kg de sólido seco contido na lixívia negra processada na caldeira de recuperação".

- Forno de cal:

- "Emissão de TRS não superior a 5 ppm por volume, em base seca, corrigido para 10% de O₂".

- "Exigência de sistema de monitoramento contínuo com registrador gráfico para mostrar e gravar a concentração das emissões de TRS e a porcentagem de oxigênio por volume".

- Outras fontes como: digestor, evaporadores, tratamento de condensado contaminado, lavagem ou oxidação de licor negro:

- "Todos os gases com TRS das fontes acima deverão ser coletados e incinerados no forno de cal ou incinerador próprio, obedecendo às exigências do forno de cal".

Emissão de material particulado:

- Caldeira de recuperação:

- n“Emissão de particulados não superior a 100 mg/Nm³ base seca, corrigida para 8% de oxigênio”.

• Tanque de dissolução:

- “Emissão de particulados não superior a 0,1 g/Kg de sólidos secos contidos na lixívia negra processada na caldeira de recuperação”.

• Forno de cal:

- “Emissão de particulados não superior a 150 mg/Nm³ de sólidos secos corrigido para 10% de oxigênio, utilizando óleo combustível”.

• Caldeiras auxiliares (Força/vapor)

- “Emissão de particulados não superior a 150 mg/Nm³ base seca, corrigida para 10% de O₂, usando biomassa como combustível. No caso de usar óleo como combustível a emissão não pode ser superior a 1,5 g de material particulado por Kg de óleo”.

Grupo I: Processo soda

No caso do processo soda, em que o licor de cozimento é apenas o carbonato de sódio, o mesmo torna-se livre de enxofre. Neste caso, os padrões de emissão para o processo Kraft são também aplicados, com exceção dos compostos reduzidos de enxofre, que se tornam insignificantes.

Grupo I: Processo sulfito

Os processos de polpação com sulfito normalmente não causam problemas de odor similares ao processo Kraft. O principal poluente atmosférico é o dióxido de enxofre, além de particulados.

No processo sulfito base magnésio, o mais comum atualmente, a maior parte do SO₂ é retirada no sistema de recuperação e usada no próprio do licor de cozimento.

Sugere-se uma emissão total de enxofre da unidade de sulfito não superior a 5 Kg por tonelada de polpa.

Para particulados o sistema de recuperação não pode emitir mais do 50 mg/Nm³, base seca, e na caldeira de força permanece a mesma recomendação para o processo Kraft.

Grupo II: Pastas de alto rendimento

As pastas mecânicas de alto rendimento podem ter seus efluentes tratados na fase líquida, havendo geração de poluentes atmosféricos significativos apenas nas caldeiras de vapor/força. Estes poluentes hídricos são mais importantes nas pastas em que há impregnação química dos cavacos com aquecimento (CTMP e BCTMP). Para evitar uma unidade especial de branqueamento foi introduzido um outro processo, recentemente, no qual o branqueamento (com peróxido de hidrogênio) já é feito junto com a operação de impregnação com soda cáustica. Este processo é chamado de APMP, Polpação Alcalina Peróxido Mecânica, e apresenta menor consumo de energia, menor investimento de capital e minimiza a geração de efluentes.

A alternativa ao tratamento dos efluentes líquidos é concentrá-los, apesar de ter apenas de 1 a 2% de sólidos (contra 10 - 15% no processo Kraft), e queimá-los posteriormente em fornos especiais ou mesmo em caldeiras de recuperação. Nos processos convencionais CTMP e BCTMP usa-se enxofre na forma de sulfito de sódio e soda cáustica na impregnação, de tal forma que a concentração e a incineração da lixívia produzem gases de enxofre, principalmente o dióxido, que precisa ser lavado antes do lançamento para a atmosfera. No processo APMP não é usada fonte de enxofre, diminuindo sensivelmente a geração de gases como SO₂, além de poder recuperar a soda para o processo de impregnação.

Para os processos CTMP e BCTMP com concentração e queima do licor serão aplicados os mesmos padrões de emissão do processo Kraft. No processo APMP bastará aplicar os padrões de emissão para material particulado para o processo de queima e concentração, como foi feito para o processo Kraft.

As caldeiras de vapor/força devem obedecer os mesmos padrões de emissão de particulados previstos no processo Kraft.

Grupo III: Fábricas de papel sem produção de polpa

As emanações gasosas aqui produzidas são provenientes das caldeiras de utilidades e se aplicam os padrões de emissão recomendados para o processo Kraft.

Observação:

Tendo em vista que os padrões de emissão aqui recomendados representem valores médios que possibilitem ao órgão de proteção ambiental condições de ser mais exigente quando a situação particular assim o exigir, sugere-se não incluir nenhum outro parâmetro como, por exemplo, óxidos de nitrogênio.

I.4 RESÍDUOS SÓLIDOS

I.4.1 PONTOS DE GERAÇÃO

Os resíduos sólidos gerados nas fábricas de celulose e papel dependem das características do processo e das técnicas de reaproveitamento empregadas. Podem variar muito de uma unidade fabril para outra, mesmo nos casos em que os produtos finais são semelhantes.

Os principais resíduos gerados são (Ref. 6, 3, 10):

- Resíduo do manuseio de madeira;
- Cinzas da caldeira auxiliar;
- Grits do apagador de cal da caustificação;
- Dregs do clarificador da caustificação;
- Lamas da planta química;
- Rejeitos da depuração da massa;
- Refugos de cavacos nas peneiras classificatórias;
- Lodos da estação de tratamento de águas residuárias;
- Lodos da estação de tratamento de água potável;
- Diversos (varreduras, restaurante, escritório, etc.).

I.4.2 CARACTERÍSTICAS E QUANTIDADES GERADAS

De modo geral esses resíduos não são classificados como perigosos, sendo enquadrados como classe II de acordo com a Norma ABNT (NBR 10.004). Num levantamento recente feito nas Indústrias Klabin do Paraná, a classificação resultou em resíduos de classe II, apesar da observação feita na Referência 3, de que os dregs e grits, por seu pH alto, poderiam ser enquadrados como classe I (materiais corrosivos).

Uma característica extremamente importante dos resíduos sólidos é a sua capacidade de desidratação, por ser um processamento quase sempre necessário e caro. Os lodos primários desidratam melhor do que os secundários, daí a vantagem de misturá-los antes da desidratação. A maior geração de lodos é exatamente nos processo de tratamento de águas residuárias.

A Tabela 4I mostra a quantidade geral de lodos gerados em função do tipo de processo produtivo.

TABELA 41
GERAÇÃO DE LODO POR CATEGORIA DE PRODUÇÃO (REF. 6)

| Categoria de produção | Kg_{sólidos}/ton_{produção} |
|---|--|
| Polpação química | 9-68 |
| Pasta mecânica / papel impressão e outros | 9-45 |
| Semiquímico / meio corrugado | 9-27 |
| Destintamento / papéis finos e higiênico | 36-136 |
| Fábrica não-integrada / papéis finos | 9-36 |
| Papelão reciclado | 0-27 |

Na Tabela 42, a seguir, é apresentada uma estimativa da geração de resíduos com as respectivas áreas:

TABELA 42
TIPOS DE RESÍDUOS POR ÁREA (REF. 3)

| Área de origem | Tipo de resíduo | Carga espec., Kg/t_{csa} | Classificação |
|------------------------|------------------------|---|----------------------|
| Manuseio de madeira | Areia | 13 | Classe II |
| Caldeira auxiliar | Cinzas | 8 | Classe II |
| Caustificação | Dregs | 3 | Classe II |
| | Grits | 12 | Classe II |
| Planta química | Lamas | 0,4 | Classe II |
| Estação trat. despejos | Lodo primário | 28 | Classe II |
| Diversos | Gerais | 1,0 | Classe II |
| Total | | 65,4 | |

Quando houver tratamento secundário compacto (lodos ativados) das águas residuárias, a produção de lodos secundários tem uma participação muito significativa, de acordo com a Tabela abaixo:

TABELA 43
COMPOSIÇÃO COMBINADA DE LODO NAS ETES (REF. 6)

| Produção polpa / produção de papel | % lodo secundário |
|---|--------------------------|
| Kraft branqueada / papel, papelão | 20-40 |
| Pasta mecânica / papel impressão | 25-35 |
| Sulfito / papel higiênico | 50 |
| Semiquímico / cartolina | 60 |
| Papel fino não-integrado | 25 |
| Papelão reciclado | 100 |

Desta forma, podemos acrescentar mais o lodo secundário, na Tabela 42, aos tipos de resíduos por área (da ordem de 40% em média).

A unidade Bahia Sul tem uma geração de resíduos sólidos da ordem de 62 Kg/ ton de celulose, o que está de acordo com as estimativas mostradas na Tabela 42 acima. Com tratamento secundário compacto (lodos ativados), a geração diária seria em torno de 73 Kg/ton de celulose seca ao ar.

Para as unidades de pastas de alto rendimento não se teria os resíduos da caustificação, ou seja, 20% a menos, resultando numa geração aproximada de 50 Kg/ton de polpa seca ao ar.

No caso da PONSÁ, de Goiana, a geração de resíduos sólidos é da ordem de 40 Kg/ton de papel. Para a Portela a produção é da ordem de 1224 Kg/ton de celulose, em face da alta taxa de geração do desmedulamento e da não recuperação da lama de cal da caustificação.

1.4.3 DISPOSIÇÃO DOS LODOS

O maior volume de resíduos sólidos provém dos lodos do tratamento de águas residuárias. O lodo primário tem sido reutilizado no preparo da massa, nas fábricas de papel, para caixas e embalagens (Ref. 13). De um modo geral, estes lodos são desidratados e dispostos em aterros sanitários ou incinerados.

Os resíduos cinzas, lodo secundário, grits e dregs também podem ser usados como corretivos de solos (Ref. 3). A Tabela 44, abaixo, apresenta as práticas mais comuns para os lodos de tratamento de águas residuárias do setor de celulose e papel (EPA, USA).

TABELA 44
DISPOSIÇÃO DE LODOS DE TRATAMENTO

| Processos de disposição | Ano - 1979 | Ano - 1988/89 |
|--------------------------------|-------------------|----------------------|
| Aterro sanitário ou lagoa | 86% | 70% |
| Incineração para energia | 11% | 21% |
| Aplicação no solo | 2% | 8% |
| Reciclagem / reuso | <1% | 1% |
| Outros | <1% | <1% |

No Brasil o método de disposição mais comum tem sido em aterros, muitas vezes não devidamente projetados e operados. As unidades de celulose maiores e mais recentes têm aterros corretamente dimensionados e operados.

As fábricas de papel que utilizam aparas como matéria prima geram também resíduos como plástico, arames, metais e outros que devem ter disposição diferenciada, sendo recomendado encaminhá-los a aterros sanitários.

Os lodos de origem orgânica (primário e secundário) também podem ser incorporados ao solo. A incorporação pode ser direta ou após a compostagem, processo de oxidação biológica aeróbia que transforma os lodos em matéria humificada. O húmus é um bom condicionante de solos, aumentando a sua porosidade e permitindo uma maior aeração e atividade microbiana. A RIOCELL, de Porto Alegre, é uma empresa de celulose que transforma seus resíduos sólidos em composto e o utiliza no reflorestamento.

Cuidado especial deve ser tomado quando houver grande presença de aparas coloridas, pois podem solubilizar metais pesados no caso do corante ser algum óxido metálico.

O resíduo sólido apresenta, assim, perspectivas de comercialização, mesmo não tendo grande rentabilidade. O importante é que possa minimizar ou mesmo dispensar custos de disposição final.

I.4.4 MEDIDAS DE CONTROLE INTERNO

Como qualquer resíduo, o sólido deve ter sua geração minimizada dentro do processo industrial ou oferecer perspectivas de reaproveitamento.

Algumas medidas aplicáveis:

- No caso de fábricas de papel que usam aparas comprar e incentivar a produção de aparas de boa qualidade.
- Reutilizar todos os rejeitos de matéria prima no processo produtivo da massa ou como combustível.
- Utilizar combustíveis nas caldeiras auxiliares que gerem pouca cinza, como gás natural ou óleo combustível.
- Monitorar a geração de resíduos e segregá-los para um melhor reaproveitamento.
- Considerar o processo de compostagem para os resíduos orgânicos como forma de minimizar os custos de disposição final.
- Considerar a comercialização de resíduos como uma medida fundamental, tanto do ponto de vista ambiental quanto do econômico.
- Avaliar o uso de lodos, principalmente os provenientes do tratamento primário, como matéria prima no preparo da massa para fabricação do papel.

I.4.5 RECOMENDAÇÕES PARA O LICENCIAMENTO

• Independente do tipo ou do tamanho da instalação industrial, a disposição final dos resíduos sólidos em aterros deverá ser feita dentro das normas da ABNT.

Gerais:

- NBR 10.004 – Resíduos sólidos – Classificação
- NBR 10.005 – Lixiviação de resíduos sólidos – Métodos de ensaio
- NBR 10.006 – Solubilização de resíduos sólidos – Métodos de ensaio
- NBR 10.007 – Amostragem de resíduos sólidos – Procedimentos
- NBR 10.703 – Degradação do solo – Terminologia
- NBR 8.418 – Apresentação de projetos de aterros industriais – Perigosos
- NBR 10.157 – Aterros de resíduos perigosos – Critérios para projeto, construção e operação
- PN I:63.04.001 – Armazenamento de resíduos sólidos perigosos
- PN I:63.04.002 – Armazenamento de resíduos de classe II – não inertes e III - inertes

- PN I:63.06.006 – Aterros de resíduos não perigosos, critérios para projeto, construção e operação
- NBR 9.690 – Mantas e polímeros para impermeabilização (PVC)
- Incentivar a minimização e reciclagem de resíduos dentro do próprio setor produtivo ou fora dele, como por exemplo:
 - Rejeito da depuração e refugos de cavacos: voltar ao circuito produtivo ou queimar na caldeira auxiliar.
 - Cinzas: como corretivo de solos, de pH em efluentes líquidos, como material de pavimentação ou como matéria prima nas indústrias de cimento.
 - Lodos primários e secundários podem ser considerados na reciclagem para o preparo de massa na fabricação de papéis com menos qualidade.
- A caracterização do drenado dos leitos de secagem ou de outros processos de desidratação, bem como do drenado dos aterros sanitários industriais, faz parte do sistema de automonitoramento a ser enviado periodicamente ao órgão de proteção ambiental.
- A quantificação e classificação dos resíduos devem ser processadas para se obter o licenciamento, juntamente com o projeto da disposição final.
- O relatório de automonitoramento deve ser encaminhado ao órgão de proteção ambiental uma vez por ano, independente do tipo e do tamanho da instalação industrial, e deve conter:
 - Quantificação e classificação dos resíduos gerados;
 - Descrição das etapas e geração de resíduos adicionais até o processo de disposição final;
 - Monitoramento dos efeitos ambientais da disposição final, como a caracterização e o encaminhamento dos drenados.

2

PARÂMETROS RECOMENDADOS À FISCALIZAÇÃO

2.1 PONTOS DE GERAÇÃO DE EFLUENTES LÍQUIDOS

A carga poluidora contida nos efluentes de fábricas de celulose e papel varia de fábrica para fábrica e depende do tipo de processo, qualidade da matéria prima e do produto final.

O volume d'água é captado e utilizado em diversas etapas do processo, além de ser o veículo de transporte das fibras.

As águas residuárias são de caráter orgânico e retornam aos corpos hídricos, sendo que uma pequena parte (menos de 5%) é perdida por evaporação.

Os principais pontos de geração dos despejos líquidos estão descritos no quadro 4 e apontados nos fluxogramas das figuras 1, 2, 3, 4 e 5.

| Fonte | Tipo de Emissão |
|---|---|
| Pátio de matéria prima (fig. 1): (madeira, bambu, bagaço, sisal) | Águas de lavagem |
| Obtenção da polpa (fig. 1): <ul style="list-style-type: none">• Blow Tank (tanque de descarga)• Lavagem da massa• Engrossador (espessador)• Depuração• Refrigeração | <ul style="list-style-type: none">• Condensados dos recuperadores de calor• Águas de lavagem• Águas de prensagem• Águas de diluição• Águas de refrigeração |
| Branqueamento (fig. 2): <ul style="list-style-type: none">• Pré-deslignificação (cloração ou oxigenação)• Extração alcalina | <ul style="list-style-type: none">• Águas ácidas de lavagem• Águas alcalinas de lavagem |
| Recuperação de produtos químicos (fig. 3): <ul style="list-style-type: none">• Evaporadores de múltiplo efeito• Clarificador de Licor Verde• Forno de cal• Caldeira de recuperação | <ul style="list-style-type: none">• Condensados dos gases• Águas de lavagem de DREGS• Águas de lavagem de gases• Águas de lavagem, no caso de haver lavagem de gás antes do precipitador eletrostático |
| Fabricação de papel (Fig. 5): <ul style="list-style-type: none">• Tanque de água branca filtrada (falta de capacidade)• Centricleaners | <ul style="list-style-type: none">• Água branca filtrada• Água da centrifugação |

Continua

| Fonte | Tipo de Emissão |
|---|--|
| <ul style="list-style-type: none"> • Depuradores • Seção de prensagem da máquina de papel | <ul style="list-style-type: none"> • Água contendo finos • Água branca |
| Central de aparas <ul style="list-style-type: none"> • Equipamentos (hidrapulpers, depuradores e engrossadores) • Paradas por problemas de manutenção | <ul style="list-style-type: none"> • Águas de lavagem (água branca e água recuperada) • Águas branca e recuperada |
| Polpas de alto rendimento <ul style="list-style-type: none"> • Lavagem de cavacos • Drenagem de cavacos • Polpa formada | <ul style="list-style-type: none"> • Águas de lavagem • Águas com material orgânico solubilizado • Águas de lavagem |
| Sistemas de refrigeração | <ul style="list-style-type: none"> • Águas de refrigeração |
| Sistemas de disposição de resíduos sólidos <ul style="list-style-type: none"> • Desidratação de lodos • Aterros sanitários | <ul style="list-style-type: none"> • Águas de drenagem • Águas de drenagem |

QUADRO 4 - Resumo da geração de efluentes líquidos

2.1.1 PONTOS CRÍTICOS

Com relação a geração de efluentes líquidos podemos considerar como críticos os seguintes pontos do processo:

- Reutilização de águas.

Como foi levantado durante a avaliação dos processos produtivos, são necessários grandes volumes de água na obtenção da celulose e papel. Práticas de recuperação de produtos e reutilização de águas podem reduzir consideravelmente o volume e a carga dos despejos gerados.

- Lavagem da polpa.

Do ponto de vista ambiental, é fundamental lavar o máximo possível a celulose antes que ela vá ao branqueamento, uma vez que o efluente gerado nesta etapa não pode ser recuperado e tem que ser enviado à Estação de Tratamento de Efluentes.

- Branqueamento.

A realização do branqueamento com estágio de oxigênio, gera efluentes com menor teor de organoclorados, menor DBO e cor.

- Derrames e descargas acidentais

Uma parcela importante do potencial poluidor deve-se a derrames e vazamentos devido a falhas de equipamentos, paradas forçadas e de rotina. A minimização destes problemas é conseguida através da previsão de grande capacidade de reserva para o licor negro e fraco, tanques de água recuperada e massa e construção de sistema de coleta de líquidos em áreas ou equipamentos sujeitos a derrames ou vazamentos.

2.2 PONTOS DE GERAÇÃO DE EMISSÕES ATMOSFÉRICAS

Vários são os pontos de geração de emissões atmosféricas nos processos produtivos de papel e celulose.

O quadro 5 apresenta um resumo das emissões, esquematizadas na figura 1.

| Emissão | Fonte Primária | Fonte Secundária |
|--------------------------------|---|--|
| Compostos reduzidos de enxofre | <ul style="list-style-type: none"> • Digestor. • Blow Tank. • Evaporador múltiplo efeito. • Caldeira de recuperação. • Tanque de dissolução. • Forno de cal. | <ul style="list-style-type: none"> • Depuradores e lavagem da polpa. • Silos de cavacos do digestor (quando pré-aquecidos com vapor secundário) • Tanques de caustificação. |
| Material Particulado | <ul style="list-style-type: none"> • Caldeira de recuperação. • Forno de cal. • Tanque de Dissolução. • Caldeira de geração de vapor. | <ul style="list-style-type: none"> • Poeiras das operações de descascamento, picagem, armazenagem e seleção de combustíveis (cavacos, bagaço, bambu, etc.). |
| SO ₂ | <ul style="list-style-type: none"> • Caldeira de geração de vapor (óleo ou carvão como combustível). • Secagem da celulose química. • Caldeira de recuperação. • Forno de cal. • Incinerador para queima de gases (TRS), utilizando óleo como combustível. | |

QUADRO 5 - Resumo das fontes de emissões atmosféricas (Ref. 10)

No caso de fábricas de polpas de alto rendimento e de papel não-integradas, a geração de emissões atmosféricas de fontes primárias se resume àquelas provenientes das caldeiras de vapor. Material particulado é o poluente mais importante.

2.2.1 PONTOS CRÍTICOS

Do ponto de vista da poluição do ar, o odor é o fator mais importante nas indústrias de celulose e papel. Os compostos reduzidos de enxofre (TRS) são os responsáveis por tal efeito, devendo ser coletados e queimados no forno de cal ou queimador especial para tal fim. Os condensados também devem ser coletados e separados em coluna de destilação e os gases residuais queimados no forno de cal.

Os processos de combustão, caldeiras de um modo geral, são também grandes geradores de material particulado, além de óxidos de nitrogênio e enxofre. Para minimizar estes poluentes é de fundamental importância a escolha de um combustível limpo, como é o caso do gás natural. Carvão seria o menos recomendado. Óleo combustível com baixo teor de enxofre (BTE) seria ainda razoável em nível de geração de poluentes.

As biomassas têm sido muito usadas no Brasil, mas produzem muita cinza, que é responsável pela maior parte das emissões atmosféricas, exigindo sistemas de controle de material particulado (precipitador eletrostático, lavagem com água e ciclones).

2.3 PONTOS DE GERAÇÃO DE RESÍDUOS SÓLIDOS

Os resíduos sólidos gerados na fabricação de celulose e papel dependem das características do processo, das técnicas de reaproveitamento utilizadas, podendo variar consideravelmente de uma fábrica para outra.

De um modo geral são resíduos classe II e III e cerca de 50% são de natureza orgânica. O quadro 6 apresenta um resumo das fontes e tipos de resíduos sólidos gerados.

| Fonte | Resíduo |
|---|--|
| Sistemas de tratamento de águas residuárias | <ul style="list-style-type: none"> • Lodos primários (físico-químicos) • Lodos do tratamento secundário (biológicos) |
| Sistemas de tratamento de água potável | <ul style="list-style-type: none"> • Lodos primários |
| Caldeiras de vapor (carvão e biomassa) | <ul style="list-style-type: none"> • Cinzas |
| Depuração de massa | <ul style="list-style-type: none"> • Nós e palitos |
| Peneiras classificatórias | <ul style="list-style-type: none"> • Refugos de cavacos (madeira) e outros refugos (bambu, sisal, bagaço) |
| Apagador de cal (Slaker) | <ul style="list-style-type: none"> • Grits |
| Clarificador de licor verde | <ul style="list-style-type: none"> • Dregs |
| Clarificador de licor branco | <ul style="list-style-type: none"> • Lama de cal (quando não há forno de cal) |
| Central de aparas | <ul style="list-style-type: none"> • Resíduos de plásticos, arames, pedras, etc. |
| Cozinha | <ul style="list-style-type: none"> • Lixo doméstico |
| Pisos (varredura) | <ul style="list-style-type: none"> • Diversos |
| Escritórios | <ul style="list-style-type: none"> • Papel |
| Beneficiamento da madeira | <ul style="list-style-type: none"> • Cascas, serragem |
| Beneficiamento de biomassas como bambu e bagaço | <ul style="list-style-type: none"> • Medulas |

QUADRO 6 - Resumo das Fontes de Geração de Resíduos Sólidos

2.3.1 PONTOS CRÍTICOS

Os Dregs e os Grits, por sua natureza cáustica, requerem disposição especial, normalmente em aterros especiais. Mais uma vez convém ressaltar a vantagem de se utilizar gás natural para evitar a formação de grandes quantidades de cinzas, dificultando a sua disposição final.

A maior parte dos resíduos sólidos de fábricas de celulose e papel é formada dos lodos provenientes dos sistemas de tratamento de águas residuárias. Uma tecnologia muito recomendada para estes lodos é o processo de compostagem, que possibilita a geração de um produto final com utilização no condicionamento de solos. Desta forma, agrega-se a um resíduo um processo que o torna um produto de valor comercial que pode apresentar retorno financeiro.

A disposição final mais utilizada tem sido em aterros sanitários, que é aceitável mas merece ser reavaliada frente à compostagem.

2.4 PROCEDIMENTOS DE FISCALIZAÇÃO

2.4.1 EQUIPAMENTOS NECESSÁRIOS E AMOSTRAGEM

Recomenda-se que para cada vistoria o fiscal avalie a situação ambiental global da empresa, isto é, todos os pontos possíveis de causar poluição devem ser verificados. Deve o fiscal estar munido de equipamentos de amostragem e medição para comprovar possíveis irregularidades. Amostragem e medições são mais fáceis de realizar em efluentes líquidos; para emissões atmosféricas e resíduos sólidos há mais dificuldades. Não se pode carregar rotineiramente todo o equipamento necessário para uma amostragem de chaminé, mas pode-se levar alguns equipamentos leves para análise e amostragem de despejos líquidos.

O fiscal deve estar treinado para as amostragens e análises básicas ou poderá estar acompanhado de um amostrador, mas não pode perder a oportunidade de uma vistoria para comprovar qualquer violação em termos de lançamentos irregulares. É muito demorado e caro deslocar uma equipe especial para amostragem e análise local. Isto se justifica apenas quando se quer fazer uma avaliação mais detalhada do processo produtivo e das diversas etapas de um sistema de tratamento de efluentes líquidos, de uma amostragem de poluentes atmosféricos ou de um sistema de tratamento e disposição de resíduos sólidos.

Os equipamentos de amostragem e medição devem estar devidamente calibrados antes de sua utilização.

2.4.1.1 EFLUENTES LÍQUIDOS

Os principais equipamentos recomendados para serem levados para uma vistoria de rotina são:

- Potenciômetro portátil
- Medidor de oxigênio dissolvido
- Termômetro
- Frascos de polietileno ou vidro
- Caixa para transporte de amostras com gelo
- Reagentes químicos para preservação de amostras
- Vestimenta de proteção (óculos, luvas, botas)
- Máquina fotográfica

As amostras devem ser coletadas em pontos de alta turbulência, para garantir boa mistura, como junto a uma calha Parshal ou vertedouro.

Para sistemas de tratamento com grande tempo de retenção hidráulica (lagoas aeradas e de estabilização) basta uma amostra simples na saída para avaliar o enquadramento nos padrões de emissão. No caso de sistemas compactos (lodos ativados, filtros biológicos, processos anaeróbios) é conveniente que a amostra seja composta por várias horas (1 turno de trabalho pelo menos).

Temperatura, pH, vazão e gases dissolvidos devem ser medidos no local da amostragem, enquanto para os demais parâmetros deve haver preservação das amostras, segundo as normas do "Standard Methods".

A título de ilustração, é apresentada abaixo uma pequena listagem com os parâmetros mais indicados para as indústrias de celulose e papel e os respectivos volumes de amostra (Standard Methods).

| Parâmetro | Volume da amostra (ml) |
|--------------------------|------------------------|
| DBO5 | 100 a 500 |
| DQO | 50 a 100 |
| pH | 100 |
| Nitrogênio total | 500 a 1000 |
| Sólidos suspensos totais | 50 a 200 |
| Sólidos decantáveis | 1000 |
| Fósforo total | 50 a 100 |

2.4.1.2 EMISSÕES ATMOSFÉRICAS

Nas fiscalizações de rotina há dificuldade de se coletar amostras de emanações gasosas, de tal forma que não se recomendam equipamentos especiais de amostragem. A máquina fotográfica é um equipamento de grande utilidade e serve para documentar emanações gasosas provenientes de chaminés, sistemas de transporte e processamento de combustíveis e matérias primas sólidas. No caso das emissões gasosas o automonitoramento é o melhor instrumento de monitoramento e avaliação e deve incluir todos os parâmetros previstos no licenciamento (Item 1.3.5). A sua exigência é em função do porte e do tipo de indústria, conforme especificado no Item 1.3.5.

Para uma efetiva avaliação das emissões atmosféricas, que serve para verificar as informações obtidas no automonitoramento, recomenda-se uma amostragem anual para os seguintes parâmetros:

- Compostos Reduzidos de Enxofre:
 - Unidades: Caldeira de recuperação e forno de cal
 - Local: Chaminés
 - Métodos de amostragem e análise adotados oficialmente pela CPRH.
- Material Particulado
 - Unidades: Caldeira de recuperação, forno de cal e caldeira de geração de vapor
 - Local: Chaminés
 - Métodos de amostragem e análise adotados oficialmente pela CPRH.

Para o caso de fábricas de papel não-integradas não haverá necessidade de avaliar os compostos reduzidos de enxofre, apenas as emissões da chaminé da caldeira de vapor. Os parâmetros mais importantes, em função dos combustíveis, são:

- Biomassas: material particulado
- Carvão mineral: dióxido de enxofre e particulados
- Óleo combustível: dióxido de enxofre e particulados
- Gás natural: nenhum

2.4.1.3 RESÍDUOS SÓLIDOS

A vistoria de rotina deve inspecionar todos os pontos de geração e disposição dos resíduos sólidos gerados, segundo o item 1.4.1.

No caso de haver desidratação de lodos como em leitos de secagem ou processo mecânicos (filtros, prensas, centrífugas) deve haver coleta e análise dos drenados, o mesmo acontecendo com os aterros sanitários.

O automonitoramento da empresa deve quantificar e qualificar os resíduos sólidos gerados por unidade de tempo. As normas a serem seguidas são da ABNT – NBR 10.007 (amostragem) e NBR 10.004 (classificação).

A CPRH poderá, eventualmente, proceder uma amostragem e caracterização dos resíduos para verificação das informações prestadas pela empresa.

2.5 POSTURA DE INVESTIGAÇÃO/ROTEIRO DE INSPEÇÃO

A data da visita de fiscalização deve ser estabelecida aleatoriamente, dentro da frequência determinada pela instituição e sem aviso prévio à indústria inspecionada.

O profissional envolvido na fiscalização deve coletar todas as informações necessárias à checagem ambiental da empresa. Estas informações devem ser relatadas em formulários específicos de forma clara e objetiva. As evidências levantadas devem ser comprovadas por amostras, fotos, cópias de documento etc.

2.5.1 PREPARAÇÃO DA VISTORIA

Sugere-se, antes da realização da visita de vistoria, a verificação dos seguintes pontos:

- Layout geral da empresa a ser fiscalizada com identificação das etapas do processo.
- Processo de licenciamento.
- Projeto de tratamento de todos os resíduos encaminhado ao órgão de proteção ambiental e especificação detalhada dos seus pontos de lançamento final.
- Histórico ambiental da empresa (reclamações, autuações anteriores, renovação da licença de operação, etc.).

- Preparo do equipamento de amostragem (calibragem) e fotográfico.
- Agendamento com o laboratório analítico do órgão de proteção ambiental.
- Verificação dos relatórios de automonitoramento.
- Verificar pessoa(s) de contato da empresa.

2.5.2 PASSOS NA VISTORIA

1º PASSO: REUNIÃO COM RESPONSÁVEL DA INDÚSTRIA

O primeiro passo no processo de vistoria é um contato inicial do fiscal com o responsável da empresa perante o órgão de proteção ambiental.

Este contato inicial visa buscar informações sobre a produção, consumo de combustível, diversificação de produtos, mudanças operacionais e de processo que possam ter ocorrido desde a última vistoria.

Devem ser solicitados gráficos de variação da vazão do efluente líquido bruto e tratado bem como os últimos boletins de controle da Estação de Tratamento. A geração e sistema de tratamento de resíduos sólidos devem ter boletins atualizados e serem analisados. Os processos de geração de poluentes atmosféricos, como caldeiras de recuperação, fornos de cal e caldeiras de vapor, devem ter registrados seus parâmetros de controle mais importantes.

Todas as informações devem ser anotadas pelo fiscal.

2º PASSO: VISITA DE CAMPO

Consta de uma detalhada averiguação das condições dentro da unidade industrial. As informações prestadas no 1º passo são agora verificadas nos diversos pontos da indústria, detendo-se mais naqueles considerados mais importantes.

Amostras devem ser coletadas na saída do sistema de tratamento de efluentes, dos drenados dos sistemas de desidratação de lodos e aterros sanitários.

Fotografar derrames de tanques de massa escura e massa branca, cor das emissões atmosféricas, estado geral dos processos de disposição de resíduos sólidos e anotar por escrito quando houver características em desacordo com a situação normal.

Nas fábricas de papel é importante verificar-se como está o sistema de recuperação de fibras.

Gases malcheirosos podem ser detectados, principalmente nas etapas de lavagem de massa escura no digestor, no tanque de dissolução e na caldeira de recuperação.

Verificar sempre e com cuidado as canalizações de água pluvial ou qualquer outra tubulação não ligada ao sistema de tratamento de efluentes, pois podem estar poluídos com ligações de despejos industriais. Em caso de dúvida, coletar uma amostra para análise.

3º PASSO: RELATÓRIO DE VISTORIA

Todas as informações levantadas e amostras coletadas devem ser apresentadas ao responsável da empresa, que deverá assinar o Relatório de Vistoria juntamente com o fiscal.

2.5.3 ELABORAÇÃO DO RELATÓRIO DE VISTORIA

O Relatório de Vistoria deve ser objetivo, factual e livre de considerações pessoais.

É importante que possua informações detalhadas da visita realizada, amostras coletadas e das observações feitas.

Devem incluir fotografias e declarações assinadas de pessoas envolvidas nos problemas levantados.

O principal objetivo do relatório de vistoria é conter informações factuais e relevantes, escritas de maneira clara e objetiva, de maneira que possa ser usado como documento no caso de comprovação de uma infração.

Informações contidas no relatório conforme formulário correspondente no Manual de Fiscalização Ambiental:

- Nome da empresa.
- Endereço.
- Contato com o órgão de meio ambiente.
- Data da fiscalização.
- Fiscal.
- Observações relevantes no processo produtivo.
- Observações no tratamento de efluentes líquidos, emissões gasosas e na disposição de resíduos sólidos.
- Verificação dos pontos de emissão de poluentes e indicação dos pontos coletados.
- Irregularidades observadas.
- Indicação das planilhas e boletins avaliados e indicação dos seus pontos principais.
- Assinatura do fiscal e do contato da empresa.
- Anexar boletins, laudos, planilhas, fotografias e documentos levantados.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ASSOCIAÇÃO NACIONAL DOS FABRICANTES DE PAPEL E CELULOSE – GT-08 / Proteção e Melhoria do Meio Ambiente. **Poluição Ambiental: Legislação Nacional e Internacional**. São Paulo, 1992.
- CETESB. **Nota Técnica sobre Fabricação de Celulose Kraft e Papel – NT 18**. São Paulo. 1990.
- FACELPA. **Fábrica de papel e embalagens**. Comunicação particular. Curitiba, maio, 1977.
- FURTADO, Marcelo Rijo. ISO 14000: foi dada a largada na gestão ambiental: In: **Química e Derivados**. V.31, n. 343, p.04-10, out. 1996.
- GALLOWAY, L. R. Overview of clean technologies on bleached kraft pulp manufacture.. In: **Tec Bahia**. v. 11, n.º 3, 1996.
- INSTITUTO AMBIENTAL DO PARANÁ. Comunicação particular, maio, 1996.
- JAAKO PÖYRY ENGENHARIA. **Apostila do curso de efluentes líquidos nas indústrias de celulose e papel**. Curitiba: SUREHMA, 1992.
- . **Emissions standards for pulp and paper mills**. Helsinke, 1998.
- PISA. **Papel de Imprensa**. Comunicação particular, Jaguariaíva, Paraná. , 1996.
- SOMESHWAR, A. V. Impact of burning oil as fuel in kraft recovery furnaces upon SO₂ emissions. In **NCASI Technical Bulletin**, n.º 578, Dez, 1989.
- SPRINGER, Allan S. **Industrial environmental control pulp and paper industry**. USA: TAPPI Press, 1981.
- SUREHMA. **Processo de produção de celulose e papel**. Curitiba, junho 1991.
- UNEP. Industry & Environment Information Series. **Pollution abatement and control technology PACT**, Publication for the pulp and paper industry, Moscow, 1981.
- Webb. Leslie . **Environmental protection through sound water management in the pulp and paper industry**. USA: Pira International, 1992.

ANEXOS

ANEXO I

Informações Atuais sobre Fábricas Brasileiras

INFORMAÇÕES ATUAIS SOBRE FÁBRICAS BRASILEIRAS

1. Fonte: Saneamento Ambiental, Abril/Maio de 1995 – Francisco Alves.

A Cia. Suzano de Papel e Celulose obteve 0,005 Kg de AOX/ADt, graças às mudanças no processo de branqueamento, quando o padrão mais rigoroso do mundo, entrando em vigor em 1995, em Quebec – Canadá, é de 0,1 Kg AOX/ADt.

Para outros poluentes, alcançou:

DBO = 7,8 mg/l - 0,53 Kg/t_{csa}

DQO = 91 mg/l - 6,3 Kg/t_{csa}

SS = 12 mg/l - 0,81 Kg/t_{csa}

Foram tomadas medidas de reaproveitamento de águas e mudanças no sistema de branqueamento, com tratamento dos efluentes por lagoa aerada.

2. Uma unidade de TMP, instalada no Paraná, de 500 t/dia de papel imprensa tem os seguintes lançamentos, após tratamento com lodos ativados em 2 estágios (Ref. 7):

DBO5 = 12 mg/l - 0,24 Kg/t_{csa}

DQO = 106 mg/l - 2,1 Kg/t_{csa}

SS = 8 mg/l - 0,16 Kg/t_{csa}

ANEXO 2

Experiência no Brasil – Controle de Poluição Atmosférica

EXPERIÊNCIA NO BRASIL – CONTROLE DE POLUIÇÃO ATMOSFÉRICA

Foi feita uma avaliação no segundo semestre de 1991, abrangendo cerca de 44,5% de celulose química produzida no período (8 indústrias) e 17,9% de novos projetos que iniciaram sua operação em 1992. Essa avaliação apresentou os seguintes resultados (Ref. 3):

- **Caldeiras de recuperação:** 80% possuem precipitadores eletrostáticos com eficiência de remoção de particulados de 90 a 99,5%, enquanto as demais usam lavadores tipo Venturi com eficiência de 80%. Quanto a TRS, 40% usam caldeiras do tipo Odorless e outras 26,7% usam sistemas de oxidação de licor negro. As emissões finais informadas apresentam os seguintes percentuais absolutos de ocorrência:

Material Particulado:

| Percentual de empresas | Fator de Emissão, Kg/t _{csa} |
|------------------------|---------------------------------------|
| 50% | 0,37-0,89 |
| 28,57% | 1,57-9,61 |
| 21,43% | 10,39-47,86 |

TRS:

| Percentual de empresas | ppm |
|------------------------|--------|
| 57,14% | 0,55-5 |
| 21,43% | 10-17 |
| 21,43% | > 17 |

- **Tanque de dissolução de fundidos:** 80% apresentam controle de particulados, dos quais 83,33% se constituem em lavadores e o restante em eliminadores de gotas. Os lavadores tiveram eficiência variando de 90 a 95%. Das 15 empresas contactadas, 10 informaram suas emissões de TRS em ppm. Os resultados gerais foram:

| Percentual de empresas | Fator de emissão de particulados, Kg/t _{csa} | Percentual de empresas | TRS, em ppm |
|------------------------|---|------------------------|-------------|
| 40% | 0,05-0,10 | 40% | 0,16-10,7 |
| 40% | 0,12-0,26 | 30% | 17,3-28 |
| 20% | 1,28-1,6 | 20% | > 35 |

- **Fornos de cal:** das 11 unidades avaliadas, 18,18% operam precipitadores eletrostáticos para controle de particulados com eficiências de 99 a 99,86%, enquanto as 81,82% restantes operam lavadores com eficiência de 88,1 a 98,0%.

Os resultados gerais foram os seguintes:

| Percentual de empresas | Fator de emissão de particulados, Kg/t _{csa} | Percentual de empresas | TRS, em ppm |
|------------------------|---|------------------------|-------------|
| 50,56% | 0,06-0,51 | 50% | 1-8,0 |
| 22,22% | 1,00-1,56 | 40% | 20,0-90,5 |
| 22,22% | 1,82-2,89 | 10% | > 90,5 |

- **Outras fontes de TRS:** dos 9 empreendimentos apontados, 3 promovem incineração dos compostos TRS provenientes do cozimento, evaporação e stripping dos condensados em fornos de cal. Dois outros empreendimentos promovem a queima em incineradores específicos.

ANEXO I

Informações Atuais sobre Fábricas Brasileiras

ANEXO 3

Resolução CONAMA nº 20, de 1986

RESOLUÇÃO CONAMA Nº 20, de 18 de junho de 1986

Publicado no D. O. U. de 30/7/86.

O CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE - CONAMA, no uso das atribuições que lhe confere o art. 7º, inciso IX, do Decreto 88.351, de 1º de junho de 1983, e o que estabelece a RESOLUÇÃO CONAMA Nº 003, de 5 de junho de 1984;

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

Considerando que os custos do controle de poluição podem ser melhor adequados quando os níveis de qualidade exigidos, para um determinado corpo d'água ou seus diferentes trechos, estão de acordo com os usos que se pretendam dar aos mesmos;

Considerando que o enquadramento dos corpos d'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 como consequência da deterioração da qualidade das águas;

Considerando a necessidade de se criar instrumentos para avaliar a evolução da qualidade das águas, em relação aos níveis estabelecidos no enquadramento, de forma a facilitar a fixação e controle de metas visando atingir gradativamente os objetivos permanentes;

Considerando a necessidade de reformular a classificação existente, para melhor distribuir os usos, contemplar as águas salinas e salobras e melhor especificar os

parâmetros e limites associados aos níveis de qualidade requeridos, sem prejuízo de posterior aperfeiçoamento ;

RESOLVE estabelecer a seguinte classificação das águas, doces, salobras e salinas do Território Nacional:

Art. 1º - São classificadas, segundo seus usos preponderantes, em nove classes, as águas doces, salobras e salinas do Território Nacional :

ÁGUAS DOCES

I - Classe Especial - águas destinadas:

- a) ao abastecimento doméstico sem prévia ou com simples desinfecção;
- b) à preservação do equilíbrio natural das comunidades aquáticas.

II - Classe I - águas destinadas:

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

III - Classe 2 - águas destinadas:

- a) ao abastecimento doméstico, após tratamento convencional;
- b) à proteção das comunidades aquáticas;
- c) à recreação de contato primário (esqui aquático, natação e mergulho) ;
- d) à irrigação de hortaliças e plantas frutíferas;

e) à criação natural e/ou intensiva (aquicultura) de espécies destinadas à alimentação humana.

IV - Classe 3 - águas destinadas:

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

V - Classe 4 - águas destinadas:

- a) à navegação;
- b) à harmonia paisagística;
- c) aos usos menos exigentes.

ÁGUAS SALINAS

VI - Classe 5 - águas destinadas:

- a) à recreação de contato primário;
- b) à proteção das comunidades aquáticas;

c) à criação natural e/ou intensiva (aquicultura) de espécies destinadas à alimentação humana.

VII - Classe 6 - águas destinadas:

- a) à navegação comercial;
- b) à harmonia paisagística;
- c) à recreação de contato secundário.

ÁGUAS SALOBRAS

VIII - Classe 7 - águas destinadas:

- a) à recreação de contato primário;
- b) à proteção das comunidades aquáticas;

c) à criação natural e/ou intensiva (aquicultura) de espécies destinadas à alimentação humana.

IX - Classe 8 - águas destinadas:

- a) à navegação comercial;
- b) à harmonia paisagística;
- c) à recreação de contato secundário

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

a) **CLASSIFICAÇÃO**: qualificação das águas doces, salobras e salinas com

base nos usos preponderantes (sistema de classes de qualidade);

b) **ENQUADRAMENTO**: estabelecimento do nível de qualidade (classe) a ser alcançado e/ou mantido em um segmento de corpo d'água ao longo do tempo;

c) **CONDIÇÃO**: qualificação do nível de qualidade apresentado por um segmento de corpo d'água, num determinado momento, em termos dos usos possíveis com segurança adequada;

d) **EFETIVAÇÃO DO ENQUADRAMENTO**: conjunto de medidas necessárias para colocar e/ou manter a condição de um segmento de corpo d'água em correspondência com a sua classe;

e) **ÁGUAS DOÇES**: águas com salinidade igual ou inferior a 0,50 ‰;

f) **ÁGUAS SALOBRAS**: águas com salinidade igual ou inferior a 0,5 ‰ e 30 ‰;

g) **ÁGUAS SALINAS**: águas com salinidade igual ou superior a 30 ‰.

Art. 3º - Para as águas de Classe Especial, são estabelecidos os limites e/ou condições seguintes:

COLIFORMES: para o uso de abastecimento sem prévia desinfecção os coliformes totais deverão estar ausentes em qualquer amostra.

Art. 4º - Para as águas de classe I, são estabelecidos os limites e/ou condições seguintes:

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

b) óleos e graxas: virtualmente ausentes;

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

d) corantes artificiais: virtualmente ausentes;

e) substâncias que formem depósitos objetáveis: virtualmente ausentes;

f) coliformes: para o uso de recreação de contato primário deverá ser obedecido o Art. 26 desta Resolução. As águas utilizadas para a irrigação de hortaliças ou plantas frutíferas que se desenvolvam rentes ao solo e que são consumidas cruas, sem remoção de casca ou película, não devem ser poluídas por excrementos humanos, ressaltando-se a necessidade de inspeções sanitárias

rias periódicas. Para os demais usos, não deverá ser excedido um limite de 200 coliformes fecais por 100 mililitros em 80% ou mais de pelo menos 5 amostras mensais colhidas em qualquer mês; no caso de não haver na região meios disponíveis para o exame de coliformes fecais, o índice limite será de 1.000 coliformes totais por 100 mililitros em 80% ou mais de pelo menos 5 amostras mensais colhidas em qualquer mês;

g) DBO_5 dias a 20°C até 3 mg/l O_2 ;

h) OD, em qualquer amostra, não inferior a 6 mg/l O_2 ;

i) Turbidez até 40 unidades nefelométrica de turbidez (UNT);

j) cor: nível de cor natural do corpo de água em mg Pt/l ;

l) pH: 6,0 a 9,0;

m) substâncias potencialmente prejudiciais (teores máximos) :

| | |
|-----------------------|---------------------------|
| Alumínio: | 0,1 mg/l Al |
| Amônia não ionizável: | 0,02 mg/l NH_3 . |
| Arsênio: | 0,05 mg/l As |
| Bário: | 1,0 mg/l Ba. |
| Berílio: | 0,1 mg/l Be |
| Boro: | 0,75 mg/l B |
| Benzeno : | 0,01 mg/l |
| Benzo-a-pireno: | 0,00001 mg/l |
| Cádmio: | 0,001 mg/l Cd |
| Cianetos: | 0,01 mg/l CN |
| Chumbo: | 0,03 mg/l Pb |
| Cloretos: | 250 mg/l Cl |
| Cloro Residual: | 0,01 mg/l Cl |
| Cobalto: | 0,2 mg/l Co |
| Cobre: | 0,02 mg/l Cu |
| Cromo Trivalente: | 0,5 mg/l Cr |
| Cromo Hexavalente: | 0,05 mg/l Cr |
| 1,1 dicloroetano : | 0,0003 mg/l |

| | |
|---|--|
| 1,2 dicloroetano: | 0,01 mg/l |
| Estanho: | 2,0 mg/l Sn |
| Índice de Fenóis: | 0,001 mg/l $\text{C}_6\text{H}_5\text{OH}$ |
| Ferro solúvel: | 0,3 mg/l Fe |
| Fluoretos: | 1,4 mg/l F |
| Fosfato total: | 0,025 mg/l P |
| Lítio: | 2,5 mg/l Li |
| Manganês: | 0,1 mg/l Mn |
| Mercúrio: | 0,0002 mg/l Hg |
| Níquel: | 0,025 mg/l Ni |
| Nitrato | 10 mg/l N |
| Nitrito: | 1,0 mg/l N |
| Prata: | 0,01 mg/l Ag |
| Pentaclorofenol: | 0,01 mg/l |
| Selênio: | 0,01 mg/l Se |
| Sólidos dissolvidos totais: | 500 mg/l |
| Substâncias tenso-ativas que reagem com o azul de metileno: | 0,5 mg/l LAS |
| Sulfatos: | 250 mg/l SO_4 |
| Sulfetos (como H_2S não dissociado): | 0,002 mg/l S |
| Tetracloroetano: | 0,01 mg/l |
| Tricloroetano: | 0,03 mg/l |
| Tetracloroeto de carbono: | 0,003 mg/l |
| 2, 4, 6 triclorofenol: | 0,01 mg/l |
| Urânio total: | 0,02 mg/l U |
| Vanádio: | 0,1 mg/l V |
| Zinco: | 0,18 mg/l Zn |
| Aldrin: | 0,01 $\mu\text{g/l}$ |
| Clordano: | 0,04 $\mu\text{g/l}$ |
| DDT: | 0,002 $\mu\text{g/l}$ |

| | |
|---|-----------------------|
| Dieldrin: | 0,005 µg/l |
| Endrin: | 0,004 µg/l |
| Endossulfan: | 0,056 µg/l |
| Epóxido de Heptacloro: | 0,01 µg/l |
| Heptacloro: | 0,01 µg/l |
| Lindano (gama.BHC): | 0,02 µg/l |
| Metoxicloro: | 0,03 µg/l |
| Dodeciclono + Nonacloro : | 0,001 µg/l |
| Bifenilas Policloradas (PCBS): | 0,001 µg/l |
| Toxafeno: | 0,01 µg/l |
| Demeton: | 0,1 µg/l |
| Gution: | 0,005 µg/l |
| Malation: | 0,1 µg/l |
| Paration: | 0,04 µg/l |
| Carbaril: | 0,02 µg/l |
| Compostos organofosforados e carbamatos totais: | 10,0 µg/l em Paration |
| 2,4 - D: | 4,0 µg/l |
| 2,4,5 - TP: | 10,0 µg/l |
| 2,4,5 - T: | 2,0 µg/l |

Art. 5º - Para as águas de Classe 2, são estabelecidos os mesmos limites ou condições da Classe 1, à exceção dos seguintes:

- a) não será permitida a presença de corantes artificiais que não sejam removíveis por processo de coagulação, sedimentação e filtração convencionais;
- b) Coliformes: para uso de recreação de contato primário deverá ser obedecido o Art. 26 desta Resolução. Para os demais usos, não deverá ser excedido um limite de 1.000 coliformes fecais por 100 mililitros em 80% ou mais de pelo menos 5 amostras mensais colhidas em qualquer mês; no caso de não haver, na região, meios disponíveis para o exame de coliformes fecais, o índice limite será de até 5.000 coliformes totais por 100 mililitros em 80% ou mais

de pelo menos 5 amostras mensais colhidas em qualquer mês;

- c) Cor: até 75 mg Pt/l;
- d) Turbidez: até 100 UNT;
- e) DBO₅ dias a 20°C até 5 mg/l O₂;
- f) OD, em qualquer amostra, não inferior a 5 mg/l O₂.
- Art. 6º - Para as águas de Classe 3 são estabelecidos os limites ou condições seguintes:
- a) materiais fluotantes, inclusive espumas não naturais: virtualmente ausentes;
- b) óleos e graxas: virtualmente ausentes;
- c) substâncias que comuniquem gosto ou odor: virtualmente ausentes;
- d) não será permitida a presença de corantes artificiais que não sejam removíveis por processo de coagulação, sedimentação e filtração convencionais;
- e) substâncias que formem depósitos objetáveis: virtualmente ausentes;
- f) número de coliformes fecais até 4.000 por 100 mililitros em 80% ou mais de pelo menos 5 amostras mensais colhidas em qualquer mês; no caso de não haver, na região, meios disponíveis para o exame de coliformes fecais, o índice limite será de até 20.000 coliformes totais por 100 mililitros em 80% ou mais de pelo menos 5 amostras mensais colhidas em qualquer mês;
- g) DBO₅ dias a 20°C até 10 mg/l O₂;

h) OD, em qualquer amostra, não inferior a 4 mg/l O₂;

i) Turbidez: até 100 UNT;

j) Cor: até 75 mg Pt/l;

l) pH: 6,0 a 9,0;

m) Substâncias potencialmente prejudiciais (teores máximos) :

| | |
|------------|---------------|
| Alumínio : | 0,1 mg/l Al |
| Arsênio: | 0,005 mg/l As |
| Bário: | 1,0 mg/l Ba |
| Berílio: | 0,1 mg/l Be |
| Boro: | 0,75 mg/l B |

| | | | |
|--|---|---------------------------------|-------------|
| Benzeno: | 0,001 mg/l | Tetracloretoeno: | 0,01 mg/l |
| Benzo-a-pireno: | 0,00001 mg/l | Tricloretoeno: | 0,03 mg/l |
| Cádmio: | 0,01 mg/lCd | Tetracloreto de Carbono: | 0,003 mg/l |
| Cianetos: | 0,2 mg/lCN | 2, 4, 6 triclorofenol: | 0,01 mg/l |
| Chumbo: | 0,05 mg/l Pb | Urânio total: | 0,02 mg/l U |
| Cloretos: | 250 mg/lCl | Vanádio: | 0,1 mg/lV |
| Cobalto: | 0,2 mg/lCo | Zinco: | 5,0 mg/l Zn |
| Cobre: | 0,5 mg/lCu | Aldrin: | 0,03 µg/l |
| Cromo Trivalente: | 0,5 mg/lCr | Clordano: | 0,3 µg/l |
| Cromo Hexavalente: | 0,05 mg/lCr | DDT: | 1,0 µg/l |
| 1,1 dicloretoeno: | 0,0003 mg/l | Dieldrin: | 0,03 µg/l |
| 1,2 dicloroetano: | 0,01 mg/l | Endrin: | 0,2 µg/l |
| Estranho: | 2,0 mg/lSn | Endossulfan: | 150 µg/l |
| Índice de Fenóis: | 0,3 mg/l C ₆ H ₃ OH | Epóxido de Heptaclore: | 0,1 µg/l |
| Ferro solúvel: | 5,0 mg/lFe | Heptaclore: | 0,1 µg/l |
| Fluoretos: | 1,4 mg/l F | Lindano (gama-BHC): | 3,0 µg/l |
| Fosfato total: | 0,025 mg/lP | Metoxicloro: | 30,0 µg/l |
| Lítio: | 2,5 mg/l Li | Dodecloreto + Nonaclore: | 0,001 µg/l |
| Manganês: | 0,5 mg/l Mn | Bifenilas Policloradas (PCB'S): | 0,001 µg/l |
| Mercurio: | 0,002 mg/l Hg | Toxafeno: | 5,0 µg/l |
| Níquel: | 0,025 mg/l Ni | Demeton: | 14,0 µg/l |
| Nitrato: | 10 mg/l N | Gution: | 0,005 µg/l |
| Nitrito: | 1,0 mg/l N | Malation: | 100,0 µg/l |
| Nitrogênio amoniacal: | 1,0 mg/l N | Paration: | 35,0 µg/l |
| Prata: | 0,05 mg/l Ag | Carbaril: | 70,0 µg/l |
| Pentaclorofenol: | 0,01 mg/l | Compostos organofosforados e | |
| Selênio: | 0,01 mg/lSe | carbamatos totais em Paration: | 100,0 µg/l |
| Sólidos dissolvidos totais: | 500 mg/l | 2,4 - D: | 20,0 µg/l |
| Substâncias tenso-ativas que reagem | | 2,4,5 - TP: | 10,0 µg/l |
| com o azul de metileno: | | 2,4,5 - T: | 2,0 µg/l |
| Sulfatos: | | | |
| Sulfatos (como H ₂ S não dissociado): | | | |

Art. 7º - Para as águas de Classe 4, são estabelecidos os limites ou condições seguintes:

- a) materiais flutuantes, inclusive espumas não naturais: virtualmente ausentes;
- b) odor e aspecto: não objetáveis;
- c) óleos e graxas: toleram-se iridicências;
- d) substâncias facilmente sedimentáveis que contribuam para o assoreamento de canais de navegação: virtualmente ausentes;
- e) índice de fenóis até 1,0 mg/l C_6H_5OH ;
- f) OD superior a 2,0 mg/l O_2 , em qualquer amostra;
- g) pH: 6,0 a 9,0.

ÁGUAS SALINAS

Art. 8º - Para as águas de Classe 5, são estabelecidos os limites ou condições seguintes:

- a) materiais flutuantes: virtualmente ausentes;
- b) óleos e graxas: virtualmente ausentes;
- c) substâncias que produzam odor e turbidez: virtualmente ausentes;
- d) corantes artificiais: virtualmente ausentes;
- e) substâncias que formem depósitos objetáveis: virtualmente ausentes;
- f) coliformes: para o uso de recreação de contato primário deverá ser obedecido o Art. 26 desta Resolução. Para o uso de criação natural e/ou intensiva de espécies destinadas à alimentação humana e que serão ingeridas cruas, não deverá ser excedida uma concentração média de 14 coliformes fecais por 100 mililitros, com não mais de 10% das amostras excedendo 43 coliformes fecais por 100 mililitros. Para os demais usos não deverá ser excedido um limite de 1.000 coliformes fecais por 100 mililitros em 80% ou mais de pelo menos 5 amostras mensais colhidas em qualquer mês; no caso de não haver, na região, meios disponíveis para o exame de coliformes totais por 100 mililitros em 80% ou mais de pelo menos 5 amostras mensais colhidas em qualquer mês;

g) DBO_5 dias a 20°C até 5 mg/l O_2 ;

h) OD, em qualquer amostra, não inferior a 6 mg/l O_2 ;

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

j) substâncias potencialmente prejudiciais (teores máximos) :

| | |
|--|-----------------------|
| Alumínio: | 1,5 mg/l Al |
| Amônia não ionizável: | 0,4 mg/l NH_3 . |
| Arsênio: | 0,05 mg/l As |
| Bário: | 1,0 mg/l Ba |
| Berílio: | 1,5 mg/l Be |
| Boro: | 5,0 mg/l B |
| Cádmio: | 0,005 mg/l Cd |
| Chumbo: | 0,01 mg/l Pb |
| Cianetos: | 0,005 mg/l CN |
| Cloro residual: | 0,01 mg/l Cl |
| Cobre : | 0,05 mg/l Cu |
| Cromo hexavalente: | 0,05 mg/l Cr |
| Estanho: | 2,0 mg/l Sn |
| Índice de fenóis: | 0,001 mg/l C_6H_5OH |
| Ferro: | 0,3 mg/l Fe |
| Fluoretos: | 1,4 mg/l F |
| Manganês: | 0,1 mg/l Mn |
| Mercurio: | 0,0001 mg/l Hg |
| Níquel: | 0,1 mg/l Ni |
| Nitrato : | 10,0 mg/l N |
| Nitrito : | 1,0 mg/l N |
| Prata: | 0,005 m/l Ag |
| Selênio: | 0,01 mg/l Se |
| Substâncias tensoativas que reagem com o azul de metileno: | 0,5 mg/l - LAS |
| Sulfetos com H_2S : | 0,002 mg/l S |

| | | |
|---|-----------------------|--|
| Tálio : | 0, 1 mg/l TI | d) corantes artificiais: virtualmente ausentes; |
| Urânio Total: | 0,5 mg/l U | e) substâncias que formem depósitos objetáveis: virtualmente ausentes; |
| Zinco: | 0,17 mg/l Zn | f) coliformes: não deverá ser excedido um limite de 4.000 coliformes fecais por 100 ml em 80% ou mais de pelo menos 5 amostras mensais colhidas em qualquer mês; no caso de não haver na região meio disponível para o exame de coliformes fecais, o índice limite será de 20.000 coliformes totais por 100 mililitros em 80% ou mais de pelo menos 5 amostras mensais colhidas em qualquer mês; |
| Aldrin: | 0,003 - µg/l | g) DBO ₅ dias a 20°C até 10 mg/l O ₂ |
| Clordano: | 0,004 µg/l | h) OD, em qualquer amostra, não inferior a 4 mg/l O ₂ ; |
| DDT: | 0,001 µg/l | i) pH: 6,5 a 8,5, não devendo haver uma mudança do pH natural maior do que 0,2 unidades. |
| Demeton: | 0,1 µg/l | ÁGUAS SALOBRAS |
| Dieldrin: | 0,003 µg/l | Art. 10 - Para as águas de Classe 7, são estabelecidos os limites ou condições seguintes: |
| Endossulfan: | 0,034 µg/l | a) DBO ₅ dias a 20°C até 5 mg/l O ₂ ; |
| Endrin: | 0,004 µg/l | b) OD, em qualquer amostra, não inferior a 5 mg/l O ₂ ; |
| Epóxido de Heptacloro: | 0,001 µg/l | c) pH: 6,5 a 8,5; |
| Heptacloro: | 0,001 µg/l | d) óleos e graxas: virtualmente ausentes; |
| Metoxicloro: | 0,03 µg/l | e) materiais flutuantes: virtualmente ausentes; |
| Lindano (gama - BHC): | 0,004 µg/l | f) substâncias que produzam cor, odor e turbidez: virtualmente ausentes; |
| Dodecacloro + Nonadono: | 0,001 µg/l | g) substâncias que formem depósitos objetáveis: virtualmente ausentes; |
| Gutiton: | 0,01 µg/l | h) coliformes; para uso de recreação de contato primário deverá ser obedecido o Art. 26 desta Resolução. Para o uso de criação natural e/ou intensiva de espécies destinadas à alimentação humana e que serão ingeridas cruas, não deverá ser excedida uma concentração média de 14 coliformes fecais por 100 mililitros com não mais de 10% das amostras excedendo 43 coliformes fecais por 100 mililitros. Para os demais usos não deverá ser excedido um limite de 1.000 coliformes fecais por 100 mililitros em 80% ou mais de pelo menos 5 amostras mensais, colhidas em qualquer mês; no caso de não haver na região, meios disponíveis para o exame de coliformes fecais, o índice limite |
| Malation: | 0,1 µg/l | |
| Toxafeno: | 0,005 µg/l | |
| Compostos organofosforados e carbamatos totais: | | |
| 2,4, - D: | 10,0 µg/l em Paration | |
| 2, 4, 5 - TP: | 10,0 µg/l | |
| 2, 4, 5 - T: | 10,0 µg/l | |
| Art. 9º - Para as águas de Classe 6, são estabelecidos os limites ou condições seguintes: | | |
| a) materiais flutuantes; virtualmente ausentes; | | |
| b) óleos e graxas: toleram-se iridicências; | | |
| c) substâncias que produzam odor e turbidez: virtualmente ausentes; | | |

será de até 5.000 coliformes totais por 100 mililitros em 80% ou mais de pelo menos 5 amostras mensais, colhidas em qualquer mês;

i) substâncias potencialmente prejudiciais (teores máximos) ;

| | |
|---------------------------------|---|
| Amônia não ionizável | 0,4 mg/l NH ₃ . |
| Arsênio: | 0,05 mg/l As |
| Cádmio: | 0,005 mg/l Cd |
| Cianetos: | 0,005 mg/l CN |
| Chumbo: | 0,01 mg/l Pb |
| Cobre: | 0,05 mg/l Cu |
| Cromo hexavalente : | 0,05 mg/l Cr |
| Índice de fenóis: | 0,001 mg/C ₆ H ₅ OH |
| Fluoretos: | 1,4 mg/l F |
| Mercúrio: | 0,0001 mg/l Hg |
| Níquel: | 0,1 mg/l Ni |
| Sulfetos como H ₂ S: | 0,002 mg/l S |
| Zinco : | 0,17 mg/l Zn |
| Aldrin: | 0,003 µg/l |
| Clordano: | 0,004 µg/l |
| DDT: | 0,001 µg/l |
| Demeton: | 0,1 µg/l |
| Dieldrin : | 0,003 µg/l |
| Endrin : | 0,004 µg/l |
| Endossulfan: | 0,034 µg/l |
| Epóxido de heptacloro: | 0,001 µg/l |
| Gutition: | 0,01 µg/l |
| Heptacloro: | 0,001 µg/l |
| Lindano (gama-BHC) : | 0,004 µg/l |
| Malation: | 0,1 µg/l |
| Metoxicloro: | 0,03 µg/l |
| Dodecacloro + Nonacloro: | 0,001 µg/l |

| | |
|---|-----------------------|
| Paration: | 0,04 µg/l |
| Toxafeno: | 0,005 µg/l |
| Compostos organofosforados e carbamatos totais: | 10,0 µg/l em Paration |
| 2,4 - D: | 10,0 µg/l |
| 2, 4, 5 - T: | 10,0 µg/l |
| 2, 4, 5 - TP: | 10,0 µg/l |

Art. 11 - Para as águas de Classe 8, são estabelecidos os limites ou condições seguintes:

- a) pH: 5 a 9;
- b) OD, em qualquer amostra, não inferior a 3,0 mg/l O₂;
- c) óleos e graxas: toleram-se iridicências;
- d) materiais flutuantes: virtualmente ausentes;
- e) substâncias que produzem cor, odor e turbidez: virtualmente ausentes;
- f) substâncias facilmente sedimentáveis que contribuam para o assoreamento de canais de navegação: virtualmente ausentes;
- g) coliformes: não deverá ser excedido um limite de 4.000 coliformes fecais por 100 ml em 80% ou mais de pelo menos 5 amostras mensais colhidas em qualquer mês; no caso de não haver, na região, meios disponíveis para o exame de coliformes fecais, o índice será de 20.000 coliformes totais por 100 mililitros em 80% ou mais de pelo menos 5 amostras mensais colhidas em qualquer mês.

Art. 12 - Os padrões de qualidade das águas estabelecidos nesta Resolução constituem-se em limites individuais para cada substância. Considerando eventuais ações sinérgicas entre as mesmas, estas ou outras não especificadas, não poderão conferir às águas características capazes de causar efeitos letais ou alteração de comportamento, reprodução ou fisiologia da vida.

§ 1º - As substâncias potencialmente prejudiciais a que se refere esta Resolução, deverão ser investigadas sempre que houver suspeita de sua presença.

§ 2º - Considerando as limitações de ordem técnica para a quantificação dos níveis dessas substâncias, os laboratórios dos organismos competentes deve

rão estruturar-se para atenderem às condições propostas. Nos casos onde a metodologia analítica disponível for insuficiente para quantificar as concentrações dessas substâncias nas águas, os sedimentos e/ou biota aquática deverão ser investigados quanto a presença eventual dessas substâncias.

Art. 13 - Os limites de DBO, estabelecidos para as Classes 2 e 3, poderão ser elevados, caso o estudo da capacidade de autodepuração do corpo receptor demonstre que os teores mínimos de OD, previstos, não serão desobedecidos em nenhum ponto do mesmo, nas condições críticas de vazão ($Q_{crit.}$), $Q7, 10$, onde $Q7, 10$, é a média das mínimas de 7 (sete) dias consecutivos em 10 (dez) anos de recorrência de cada seção do corpo receptor).

Art. 14 - Para os efeitos desta Resolução, consideram-se entes, cabendo aos órgãos de controle ambiental, quando necessário, quantificá-los para cada caso.

Art. 15 - Os órgãos de controle ambiental poderão acrescentar outros parâmetros ou tornar mais restritivos os estabelecidos nesta Resolução, tendo em vista as condições locais.

Art. 16 - Não há impedimento no aproveitamento de águas de melhor qualidade em usos menos exigentes, desde que tais usos não prejudiquem a qualidade estabelecida para essas águas.

Art. 17 - Não será permitido o lançamento de poluentes nos mananciais superficiais.

Art. 18 - Nas águas de Classe Especial não serão tolerados lançamentos de águas residuárias, domésticas e industriais, lixo e outros resíduos sólidos, substâncias potencialmente tóxicas, defensivos agrícolas, fertilizantes químicos e outros poluentes, mesmo tratados. Caso sejam utilizadas para o abastecimento doméstico deverão ser submetidas a uma inspeção sanitária preliminar.

Art. 19 - Nas águas das Classes I a 8 serão tolerados lançamentos de desejos, desde que, além de atenderem ao disposto no Art. 21 desta Resolução, não venham a fazer com que os limites estabelecidos para as respectivas classes sejam ultrapassados.

Art. 20 - Tendo em vista os usos fixados para as Classes, os órgãos competentes enquadrarão as águas e estabelecerão programas de controle de poluição para a efetivação dos respectivos enquadramentos, obedecendo ao seguinte:

a) o corpo de água que, na data de enquadramento, apresentar condição em desacordo com a sua classe (qualidade inferior à estabelecida), será objeto de providências com prazo determinado visando a sua recuperação, excetuados os parâmetros que excedam aos limites devido as condições naturais;

b) o enquadramento das águas federais na classificação será procedido pela SEMA, ouvidos o Comitê Especial de Estudos Integrados de Bacias Hidrográficas; - CEEIBH e outras entidades públicas ou privadas interessadas;

c) o enquadramento das águas estaduais será efetuado pelo órgão estadual competente, ouvidas outras entidades públicas ou privadas interessadas;

d) os órgãos competentes definirão as condições específicas de qualidade dos corpos de água intermitentes;

e) os corpos de água já enquadrados na legislação anterior, na data da publicação desta Resolução, serão objetos de reestudo a fim de a ela se adaptarem;

f) enquanto não forem feitos os enquadramentos, as águas doces serão consideradas Classe 2, as salinas Classe 5 e as salobras Classe 7, porém, aquelas enquadradas na legislação anterior permanecerão na mesma classe até o reenquadramento;

g) os programas de acompanhamento da condição dos corpos de água seguirão normas e procedimentos a serem estabelecidos pelo Conselho Nacional do Meio Ambiente - CONAMA.

Art. 21 - Os efluentes de qualquer fonte poluidora somente poderão ser lançados, direta ou indiretamente, nos corpos de água desde que obedecem às seguintes condições:

a) pH entre 5 a 9;

b) temperatura : inferior a 40°C, sendo que a elevação de temperatura do corpo receptor não deverá exceder a 3°C;

c) materiais sedimentáveis: até ml/litro 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;

d) regime de lançamento com vazão máxima de até 1,5 vezes a vazão média

do período de atividade diária do agente poluidor;

e) óleos e graxas:

- óleos minerais até 20 mg/l;

- óleos vegetais e gorduras animais até 50 mg/l;

f) ausência de materiais flutuantes;

g) valores máximos admissíveis das seguintes substâncias:

Amônia: 5,0 mg/l N

Arsênio total: 0,5 mg/l As

Bário: 5,0 mg/ Ba

Boro : 5,0 mg/l B

Cádmio : 0,2 mg/l Cd

Cianetos: 0,2 mg/l CN

Chumbo: 0,5 mg/l Pb

Cobre: 1,0 mg/l Cu

Cromo hexavalente : 0,5 mg/l Cr

Cromo trivalente : 2,0 mg/l Cr

Estanho : 4,0 mg/l Sn

Índice de fenóis: 0,5 mg/C₆H₅OH

Ferro solúvel: 15,0 mg/l Fe

Fluoretos: 10,0 mg/l F

Manganês solúvel:

1,0 mg/l Mn

Mercurio: 0,01 mg/l Hg

Níquel: 2,0 mg/l Ni

Prata : 0, 1 mg/l Ag

Selênio: 0,05 mg/l Se

Sulfetos: 1,0 mg/l S

Sulfitos: 1,0 mg/l S03

Zinco: 5,0 mg/l Zn

Compostos organofosforados e carbomatos totais: 1,0 mg/l em Paration

Sulfeto de carbono : 1,0 mg/l

Tricloroeteno : 1,0 mg/l

Cloroformio : 1,0 mg/l

Tetracloreto de Carbono: 1,0 mg/l

Dicloroeteno: 1,0 mg/l

Compostos organoclorados não listados acima

(pesticidas, solventes, etc) : 0,05 mg/l

Outras substâncias em concentrações que poderiam ser prejudiciais: de acordo com limites a serem fixados pelo CONAMA.

h) tratamento especial, se provierem de hospitais e outros estabelecimentos nos quais haja despejos infectados com microorganismos patogênicos.

Art. 22 - Não será permitida a diluição de efluentes industriais com águas não poluídas, tais como águas de abastecimento, água de mar e água de refrigeração.

Parágrafo Único - Na hipótese de fonte de poluição geradora de diferentes despejos ou emissões individualizadas, os limites constantes desta regulamentação aplicar-se-ão a cada um deles ou ao conjunto após a mistura, a critério do órgão competente.

Art. 23 - Os efluentes não poderão conferir ao corpo receptor características em desacordo com o seu enquadramento nos termos desta Resolução.

Parágrafo Único - Resguardados os padrões de qualidade do corpo receptor, demonstrados por estudo de impacto ambiental realizado pela entidade responsável pela emissão, o órgão competente poderá autorizar lançamentos acima dos limites estabelecidos no Art. 21, fixando o tipo de tratamento e as condições para esse lançamento.

Art. 24 - Os métodos de coleta e análise das águas devem ser os especificados nas normas aprovadas pelo Instituto Nacional de Metrologia, Normatização e Qualidade Industrial - INMETRO ou, na ausência delas, no Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater APHA-AWWA-WPCF, última edição, ressalvado o disposto no Art. 12. O índice de fenóis deverá ser determinado conforme o método 510 B do Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater, 16^a edição, de 1985.

Art. 25 - As indústrias que, na data da publicação desta Resolução, possuírem instalações ou projetos de tratamento de seus despejos aprovados por órgão integrante do Sistema Nacional do Meio Ambiente - SISNAMA que atendam à legislação anteriormente em vigor, terão prazo de três (3) anos, prorrogáveis até cinco (5) anos, a critério do Órgão Estadual Local, para se enquadrarem nas exigências desta Resolução. No entanto, as citadas instalações de tratamento 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.

BALNEABILIDADE

Art. 26 - As águas doces, salobras e salinas destinadas à balneabilidade (recreação de contato primário) serão enquadradas e terão sua condição avaliada nas categorias EXCELENTE, MUITO BOA, SATISFATÓRIA e IMPRÓPRIA, da seguinte forma:

- a) EXCELENTE (3 estrelas) : quando em 80% ou mais de um conjunto de amostras obtidas em cada uma das 5 semanas anteriores, colhidas no mesmo local, houver, no máximo, 250 coliformes fecais por 1,00 mililitros ou 1.250 coliformes totais por 100 mililitros;
- b) MUITO BOAS (2 estrelas): quando em 80% ou mais de um conjunto de amostras obtidas em cada uma das 5 semanas anteriores, colhidas no mesmo local, houver, no máximo, 500 coliformes fecais por 100 mililitros ou 2.500 coliformes totais por 100 mililitros;
- c) SATISFATÓRIAS (1 estrela): quando em 80% ou mais de um conjunto de amostras obtidas em cada uma das 5 semanas anteriores, colhidas no mesmo local, houver, no máximo 1.000 coliformes fecais por 100 mililitros ou 5.000 coliformes totais por 100 mililitros;

d) IMPRÓPRIAS: quando ocorrer, no trecho considerado, qualquer uma das seguintes circunstâncias:

1. não enquadramento em nenhuma das categorias anteriores, por terem ultrapassado os índices bacteriológicos nela admitidos;
2. ocorrência, na região, de incidência relativamente elevada ou anormal de enfermidades transmissíveis por via hídrica, a critério das autoridades sanitárias;

3. sinais de poluição por esgotos, perceptíveis pelo olfato ou visão;

4. recebimento regular, intermitente ou esporádico, de esgotos por intermédio de valas, corpos d'água ou canalizações, inclusive galerias de águas pluviais, mesmo que seja de forma diluída;

5. presença de resíduos ou despejos, sólidos ou líquidos, inclusive óleos, graxas e outras substâncias, capazes de oferecer riscos à saúde ou tornar desagradável a recreação;

6. pH menor que 5 ou maior que 8,5 ;

7. presença, na água, de parasitas que afetem o homem ou a constatação da existência de seus hospedeiros intermediários infectados;

8. presença, nas águas doces, de moluscos transmissores potenciais de esquistossomo, caso em que os avisos de interdição ou alerta deverão mencionar especificamente esse risco sanitário;

9. outros fatores que contra-indiquem, temporariamente ou permanentemente, o exercício da recreação de contato primário.

Art. 27 - No acompanhamento da condição das praias ou balneários as categorias EXCELENTE, MUITO BOA e SATISFATÓRIA poderão ser reunidas numa única categoria denominada PRÓPRIA.

Art. 28 - Se a deterioração da qualidade das praias ou balneários ficar caracterizada como decorrência da lavagem de vias públicas pelas águas da chuva, ou como consequência de outra causa qualquer, essa circunstância deverá ser mencionada no Boletim de condição das praias e balneários.

Art. 29 - A coleta de amostras será feita, preferencialmente, nos dias de maior afluência do público às praias ou balneários.

Art. 30 - Os resultados dos exames poderão, também, se referir a períodos menores que 5 semanas, desde que cada um desses períodos seja especificado e tenham sido colhidas e examinadas, pelo menos, 5 amostras durante o tempo mencionado.

Art. 31 - Os exames de colimetria, previstos nesta Resolução, sempre que possível, serão feitos para a identificação e contagem de coliformes fecais, sendo permitida a utilização de índices expressos em coliformes totais, se a identificação e contagem forem difíceis ou impossíveis.

Art. 32 - À beira mar, a coleta de amostra para a determinação do número de coliformes fecais ou totais deve ser, de preferência, realizada nas condições de maré que apresentem, costumeiramente, no local, contagens bacteriológicas mais elevadas.

Art. 33 - As praias e outros balneários deverão ser interditados se o órgão de controle ambiental, em qualquer dos seus níveis (Municipal, Estadual ou Federal), constatar que a má qualidade das águas de recreação primária justifica a medida.

Art. 34 - Sem prejuízo do disposto no artigo anterior, sempre que houver uma aflúncia ou extravasamento de esgotos capaz de oferecer sério perigo em praias ou outros balneários, o trecho afetado deverá ser sinalizado, pela entidade responsável, com bandeiras vermelhas constando a palavra **POLUIDA** em cor negra.

DISPOSIÇÕES GERAIS

Art. 35 - Aos órgãos de controle ambiental compete a aplicação desta Resolução, cabendo-lhes a fiscalização para o cumprimento da legislação, bem como a aplicação das penalidades previstas, inclusive a interdição de atividades industriais poluidoras.

Art. 36 - Na inexistência de entidade estadual encarregada do controle ambiental ou se, existindo, apresentar falhas, omissões ou prejuízo sensíveis aos usos estabelecidos para as águas, a Secretaria Especial do Meio Ambiente poderá agir diretamente, em caráter supletivo.

Art. 37 - Os órgãos estaduais de controle ambiental manterão a Secretaria Especial do Meio Ambiente informada sobre os enquadramentos dos corpos de água que efetuaem, bem como das normas e padrões complementares que estabelecerem.

Art. 38 - Os estabelecimentos industriais, que causam ou possam causar poluição das águas, devem informar ao órgão de controle ambiental, o volume e o tipo de seus efluentes, os equipamentos e dispositivos antipoluidores existentes, bem como seus planos de ação de emergência, sob pena das sanções cabíveis, ficando o referido órgão obrigado a enviar cópia dessas informações ao IBAMA, à STI (MIC), ao IBGE (SEPLAN) e ao DNAEE (MME).

Art. 39 - Os Estados, Territórios e o Distrito Federal, através dos respectivos órgãos de controle ambiental, deverão exercer sua atividade orientadora,

fiscalizadora e punitiva das atividades potencialmente poluidoras instaladas em seu território, ainda que os corpos de água prejudicados não sejam de seu domínio ou jurisdição.

Art. 40 - O não cumprimento ao disposto nesta Resolução acarretará aos infratores as sanções previstas na Lei nº 6.938, de 31 de agosto de 1981, e sua regulamentação pelo Decreto nº 88.351, de 01 de junho de 1983.

Art. 41 - Esta Resolução entrará em vigor na data de sua publicação, revogadas as disposições em contrário.

Deni Lineu Schwartz

ANEXO 4

Resolução CONAMA n.º 008 de 6/12/90

RESOLUÇÃO CONAMA N.º 008, de 06 de dezembro de 1990

Publicada no D.O.U de 28/12/90, Seção I, Pág. 25.539

O CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE - CONAMA, no uso das atribuições que lhe são conferidas pela Lei nº 6.938, de 31 de agosto de 1981, alterada pela Lei nº 8.028, de 12 de abril de 1990, regulamentadas pelo Decreto nº 99.274, de 06 de junho de 1990, e tendo em vista o disposto em seu Regimento Interno, e

Considerando o previsto na Resolução CONAMA nº 05, de 15 de junho de 1989, que instituiu o Programa Nacional de Controle da Qualidade do Ar - PRONAR;

Considerando a necessidade do estabelecimento de limites máximos de emissão de poluentes do ar (padrões de emissão) em fontes fixas de poluição;

Considerando que o estabelecimento deste mecanismo, em nível nacional, constitui-se no mais eficaz instrumento de controle da poluição atmosférica, em conjunto com os limites máximos de emissão veiculares, já fixados pelo PROCONVE;

Considerando que, entre toda a tipologia industrial, os processos de combustão externa constituem-se no maior contingente de fontes fixas de poluentes atmosféricos, o que justifica ser a primeira atividade a ter emissões regulamentadas em nível nacional, RESOLVE:

Art. 1º - Estabelecer, em nível nacional, limites máximos de emissão de poluentes do ar (padrões de emissão) para processos de combustão externa em fontes novas fixas de poluição com potências nominais totais até 70 MW (setenta megawatts) e superiores.

§ 1º - A definição de limites máximos de emissão é aquela dada pela Resolução CONAMA nº 05, de 15.06.89, que instituiu o PRONAR.

§ 2º - Para os efeitos desta Resolução fontes novas de poluição são aquelas pertencentes a empreendimentos cujas LP venha a ser solicitada aos órgãos licenciadores competentes após a publicação desta Resolução.

§ 3º - Entende-se por processo de combustão externa em fontes fixas toda a queima de substâncias combustíveis realizada nos seguintes equipamentos: caldeiras; geradores de vapor; centrais para a geração de energia elétrica;

fornos, fornalhas, estufas e secadores para a geração e uso de energia térmica, incineradores e gaseificadores.

Art 2º - Para efeito desta Resolução, ficam definidos os seguintes limites máximos de emissão para partículas totais e dióxido de enxofre (SO₂), expressos em peso de poluentes por poder calorífico superior do combustível e densidade colorimétrica, consoante a classificação de usos pretendidos definidas pelo PRONAR:

2.1 Para novas fontes fixas com potência nominal total igual ou inferior a 70 MW (setenta megawatts).

2.1.1 Áreas Classe I

2.1.1.1 Áreas a serem atmosféricamente preservadas (Unidades de Conservação com exceção das APAS).

Nestas áreas fica proibida qualquer atividade econômica que gere poluição do ar.

2.1.1.2 Áreas a serem atmosféricamente conservadas (lazer, turismo, estâncias climáticas, hidrominerais e hidrotermais)

a) Partículas Totais

- 120 (cento e vinte) gramas por milhão de quilocalorias.

b) Densidade Colorimétrica

- Máximo de 20% (vinte por cento), equivalente a Escala de Ringelmann nº 01, exceto na operação de ramagem e na partida do equipamento.

c) Dióxido de Enxofre (SO₂)

- 2.000 (dois mil) gramas por milhão de quilocalorias.

d) O limite de consumo de óleo combustível por fonte fixa (correspondente à capacidade nominal total do(s) equipamento(s)), será de 3.000 toneladas por ano. Consumos de óleo superiores ao ora estabelecido, ou o use de outros combustíveis estarão sujeitos à aprovação do órgão Estadual do Meio Ambiente por ocasião do licenciamento ambiental.

2.1.2 Áreas Classe II e III

a) Partículas Totais

- 350 (trezentos e cinquenta) gramas por milhão de quilocalorias (para óleo combustível).

- 1.500 (hum mil e quinhentos) gramas por milhão de quilocalorias (para carvão mineral).

b) Densidade Calorimétrica

- Máximo de 20% (vinte por cento), equivalente a Escala de Ringelmann nº 0 I, exceto na operação de ramonagem e na partida do equipamento.

c) Dióxido de Enxofre (SO₂)

- 5.000 (cinco mil) gramas por milhão de quilocalorias (para óleo combustível e carvão mineral).

2.2 Para novas fontes fixas com potência nominal total superior a 70MW (setenta megawatts).

2.2.1 Áreas Classe I

Nestas áreas não será permitida a instalação de novas fontes fixas com este porte.

2.2.2 Áreas Classe II e III

a) Partículas Totais

- 120 (cento e vinte) gramas por milhão de quilocalorias (para óleo combustível).

- 800 (oitocentos) gramas por milhão de quilocalorias (para carvão mineral).

b) Densidade Calorimétrica

- Máximo de 20% (vinte por cento), equivalente a Escala de Ringelmann nº 0 I, exceto na operação de ramonagem ou na partida do equipamento.

c) Dióxido de Enxofre (SO₂)

- 2.000 (dois mil) gramas por milhão de quilocalorias (para óleo combustível e carvão mineral).

Art 3º - Para outros combustíveis, exceto óleo combustível e carvão numeral, caberá aos Órgãos Estaduais de Meio Ambiente o estabelecimento de limites máximos de emissão para partículas totais, dióxido de enxofre e, se for o caso,

outros poluentes, quando do licenciamento ambiental do empreendimento.

Art 4º - Cabe aos órgãos Estaduais de Meio Ambiente propor aos governos de seus respectivos estados o enquadramento de suas áreas Classe I e III, conforme já previsto na Resolução CONAMA nº 05/89 e Resolução CONAMA nº 03/90.

Art. 5º - O atendimento aos limites máximos de emissão aqui estabelecidos, não exime o empreendedor do atendimento a eventuais exigências de controle complementares, conforme a legislação vigente.

Art 6º - A verificação do atendimento aos limites máximos de emissão fixado através desta Resolução, quando do fornecimento da LO - Licença de Operação, poderá ser realizada pelo órgão ambiental licenciador ou pela Empresa em Licenciamento, desde que com acompanhamento do referido órgão ambiental licenciador.

Art 7º - Os limites máximos de emissão aqui fixados são passíveis de uma 1ª. revisão dentro de dois anos, e em seguida a cada 05 (cinco) anos, quando também poderão ser, eventualmente, acrescentados outros poluentes gerados nos processos de combustão externa em fontes fixas.

Art 8º - Esta Resolução entra em vigor na data de sua publicação.

Tânia Maria Tonelli Munhoz / José A. Lutzenberger

ANEXO 5

Resolução CONAMA n.º 003 de 28/06/90

RESOLUÇÃO CONAMA N.º 003, de 28 de junho de 1990

Publicada no D.O.U de 22/08/90, Seção I, Págs. 15.937 a 15.939.

O CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE - CONAMA, no uso das atribuições que lhe confere o inciso II, do Art. 6º, da Lei nº 7.804, de 18 de julho de 1989, e tendo em vista o disposto na Lei nº 8.028, de 12 de abril de 1990, Decreto nº 99.274, de 06 de junho de 1990 e,

Considerando a necessidade de ampliar o número de poluentes atmosféricos passíveis de monitoramento e controle no País;

Considerando que a Portaria GM 023 I, de 27.04.76, previa o estabelecimento de novos padrões de qualidade do ar quando houvesse informação científica a respeito;

Considerando o previsto na Resolução CONAMA nº 05, de 15.06.89, que instituiu o Programa Nacional de Controle da Qualidade do Ar - PRONAR, resolve:

Art. 1º - São padrões de qualidade do ar as concentrações de poluentes atmosféricos que, ultrapassadas, poderão afetar a saúde, a segurança e o bem-estar da população, bem como ocasionar danos à flora e à fauna, aos materiais e ao meio ambiente em geral.

Parágrafo Único - Entende-se como poluente atmosférico qualquer forma de matéria ou energia com intensidade e em quantidade, concentração, tempo ou características em desacordo com os níveis estabelecidos, e que tornem ou possam tornar o ar:

I - impróprio, nocivo ou ofensivo à saúde;

II - inconveniente ao bem-estar público;

III - danoso aos materiais, à fauna e flora;

IV - prejudicial à segurança, ao uso e gozo da propriedade e às atividades normais da comunidade.

Art. 2º - Para os efeitos desta Resolução ficam estabelecidos os seguintes conceitos:

I - Padrões Primários de Qualidade do Ar são as concentrações de poluentes que, ultrapassadas, poderão afetar a saúde da população;

II - Padrões Secundários de Qualidade do Ar são as concentrações de poluentes abaixo das quais se prevê o mínimo efeito adverso sobre o bem-estar da população, assim como o mínimo dano à fauna, à flora, aos materiais e ao meio ambiente em geral.

Parágrafo Único - Os padrões de qualidade do ar serão o objetivo a ser atingido mediante a estratégia de controle fixada pelos padrões de emissão e deverão orientar a elaboração de Planos Regionais de Controle de Poluição do Ar.

Art. 3º - Ficam estabelecidos os seguintes Padrões de Qualidade do Ar:

I - Partículas Totais em Suspensão

a) Padrão Primário

1 - concentração média geométrica anual de 80 (oitenta) microgramas por metro cúbico de ar.

2 - concentração média de 24 (vinte e quatro) horas de 240 (duzentos e quarenta) microgramas por metro cúbico de ar, que não deve ser excedida mais de uma vez por ano.

b) Padrão Secundário

1 - concentração média geométrica anual de 60 (sessenta) microgramas por metro cúbico de ar.

2 - concentração média de 24 (vinte e quatro) horas de 150 (cento e cinquenta) microgramas por metro cúbico de ar, que não deve ser excedida mais de uma vez por ano.

II - Fumaça

a) Padrão Primário

1 - concentração média aritmética anual de 60 (sessenta) microgramas por metro cúbico de ar.

2 - concentração média de 24 (vinte e quatro) horas de 150 (cento e cinquenta) microgramas por metro cúbico de ar, que não deve ser excedida mais de uma vez por ano.

b) Padrão Secundário

- 1 - concentração média aritmética anual de 40 (quarenta) microgramas por metro cúbico de ar.
- 2 - concentração média de 24 (vinte e quatro) horas de 100 (cem) microgramas por metro cúbico de ar, que não deve ser excedida mais de uma vez por ano.
- III - Partículas Inaláveis
- a) Padrão Primário e Secundário
- 1 - concentração média aritmética anual de 50 (cinquenta) microgramas por metro cúbico de ar.
- 2 - concentração média de 24 (vinte e quatro) horas de 150 (cento e cinquenta) microgramas por metro cúbico de ar, que não deve ser excedida mais de uma vez por ano.
- IV - Dióxido de Enxofre
- a) Padrão Primário
- 1 - concentração média aritmética anual de 80 (oitenta) microgramas por metro cúbico de ar.
- 2 - concentração média de 24 (vinte e quatro) horas de 365 (trezentos e sessenta e cinco) microgramas por metro cúbico de ar, que não deve ser excedida mais de uma vez por ano.
- b) Padrão Secundário
- 1 - concentração média aritmética anual de 40 (quarenta) microgramas por metro cúbico de ar.
- 2 - concentração média de 24 (vinte e quatro) horas de 100 (cem) microgramas por metro cúbico de ar, que não deve ser excedida mais de uma vez por ano.
- V - Monóxido de Carbono
- a) Padrão Primário e Secundário
- 1 - concentração média de 8 (oito) horas de 10.000 (dez mil) microgramas por metro cúbico de ar (9 ppm), que não deve ser excedida mais de uma vez por ano.
- 2 - concentração média de 1 (urna) hora de 40.000 (quarenta mil) microgramas por metro cúbico de ar (35 ppm), que não deve ser excedida mais de uma vez por ano.
- VI - Ozônio
- a) Padrão Primário e Secundário
- 1 - concentração média de 1 (uma) hora de 160 (cento e sessenta) microgramas por metro cúbico de ar, que não deve ser excedida mais de uma vez por ano.
- VII - Dióxido de Nitrogênio
- a) Padrão Primário
- 1 - concentração média aritmética anual de 100 (cem) microgramas por metro cúbico de ar.
- 2 - concentração média de 1 (uma) hora de 320 (trezentos e vinte) microgramas por metro cúbico de ar.
- b) Padrão Secundário
- 1 - concentração média aritmética anual de 100 (cem) microgramas por metro cúbico de ar.
- 2 - concentração média de 1 (uma) hora de 190 (cento e noventa) microgramas por metro cúbico de ar.
- Art. 4º - Ficam estabelecidos os seguintes métodos de amostragem e análise dos poluentes atmosféricos a serem definidos nas respectivas Instruções Normativas:
- a) - Partículas Totais em Suspensão - Método de Amostrador de Grandes Volumês ou Método Equivalente.
- b) - Fumaça - Método da Refletância ou Método Equivalente.
- c) - Partículas Inaláveis - Método de Separação Inercial/Filtração ou Método Equivalente.
- d) - Dióxido de Enxofre - Método de Paranasalina ou Método Equivalente.
- e) - Monóxido de Carbono - Método do Infra-Vermelho não Dispersivo ou Método Equivalente.
- f) - Ozônio - Método da Quimioluminescência ou Método Equivalente.
- g) - Dióxido de Nitrogênio - Método da Quimioluminescência ou Método

Equivalente.

§ 1º - Constitui-se Método de Referência, os métodos aprovados pelo Instituto Nacional de Metrologia, Normalização e Qualidade Industrial - INMETRO e na ausência deles os recomendados pelo IBAMA como os mais adequados e que deva ser utilizado preferencialmente.

§ 2º - Poderão ser adotados métodos equivalentes aos métodos de referência, desde que aprovados pelo IBAMA.

§ 3º - Ficam definidas como condições de referência a temperatura de 25°C e a pressão de 760 milímetros de coluna de mercúrio (1.013,2 milibares).

Art. 5º - O monitoramento da qualidade do ar é atribuição dos Estados.

Art. 6º - Ficam estabelecidos os Níveis de Qualidade do Ar para elaboração do Plano de Emergência para Episódios Críticos de Poluição do Ar, visando providências dos governos de Estado e dos Municípios, assim como de entidades privadas e comunidade geral, com o objetivo de prevenir grave e iminente risco à saúde da população.

§ 1º - Considera-se Episódio Crítico de Poluição do Ar a presença de altas concentrações de poluentes na atmosfera em curto período de tempo, resultante da ocorrência de condições meteorológicas desfavoráveis à dispersão dos mesmos.

§ 2º - Ficam estabelecidos os Níveis de Atenção, Alerta e Emergência, para a execução do Plano.

§ 3º - Na definição de qualquer dos níveis enumerados poderão ser consideradas concentrações de dióxido de enxofre, partículas totais em suspensão, produto entre partículas totais em suspensão e dióxido de enxofre, monóxido de carbono, ozônio, partículas inaláveis, fumaça, dióxido de nitrogênio, bem como a previsão meteorológica e os fatos e fatores intervenientes previstos e esperados.

§ 4º - As providências a serem tomadas a partir da ocorrência dos Níveis de Atenção e de Alerta têm por objetivo evitar o atingimento do Nível de Emergência.

§ 5º - O Nível de Atenção será declarado quando, prevenindo-se a manutenção das emissões, bem como condições meteorológicas desfavoráveis à dispersão dos poluentes nas 24 (vinte e quatro) horas subsequentes, for atingida uma

ou mais das condições a seguir enumeradas:

a) - concentração de dióxido de enxofre (SO₂), média de 24 (vinte e quatro) horas, de 800 (oitocentos) microgramas por metro cúbico;

b) - concentração de partículas totais em suspensão, média de 24 (vinte e quatro) horas, de 375 (trezentos e setenta e cinco) microgramas por metro cúbico;

c) - produto, igual a 65x I 03, entre a concentração de dióxido de enxofre (SO₂) e a concentração de partículas totais em suspensão - ambas em microgramas por metro cúbico, média de 24 (vinte e quatro) horas;

d) - concentração de monóxido de carbono (CO), média de 08 (oito) horas, de 17.000 (dezesete mil) microgramas por metro cúbico (15 ppm);

e) - concentração de ozônio, média de 1 (uma) hora, de 400 (quatrocentos) microgramas por metro cúbico;

f) - concentração de partículas inaláveis, média de 24 (vinte e quatro) horas, de 250 (duzentos e cinquenta) microgramas por metro cúbico;

g) - concentração de fumaça, média de 24 (vinte e quatro) horas, de 250 (duzentos e cinquenta) microgramas por metro cúbico.

h) - concentração de dióxido de nitrogênio (NO₂), média de 1 (uma) hora, de 1130 (hum mil cento e trinta) microgramas por metro cúbico.

§ 6º - O Nível de Alerta será declarado quando, prevenindo-se a manutenção das emissões, bem como condições meteorológicas desfavoráveis à dispersão de poluentes nas 24 (vinte e quatro) horas subsequentes, for atingida uma ou mais das condições a seguir enumeradas:

a) - concentração de dióxido de enxofre (SO₂), média de 24 (vinte e quatro) horas, 1.600 (hum mil e seiscentos) microgramas por metro cúbico;

b) - concentração de partículas totais em suspensão, média de 24 (vinte e quatro) horas, de 625 (seiscentos e vinte e cinco) microgramas por metro cúbico;

c) - produto, igual a 26 l x I 03, entre a concentração de dióxido de enxofre(SO₂) e a concentração de partículas totais em suspensão - ambas em microgramas por metro cúbico, média de 24 (vinte e quatro) horas;

d) - concentração de monóxido de carbono (CO), média de 8 (oito) horas, de 34.000 (trinta e quatro mil) microgramas por metro cúbico (30 ppm);

e) - concentração de ozônio, média de 1 (uma) hora, de 800 (oitocentos) microgramas por metro cúbico;

f) - concentração de partículas inaláveis, média de 24 (vinte e quatro) horas, de 420 (quatrocentos e vinte) microgramas por metro cúbico.

g) - concentração de fumaça, média de 24 (vinte e quatro) horas, de 420 (quatrocentos e vinte) microgramas por metro cúbico.

h) - concentração de dióxido de nitrogênio (NO₂), média de 1 (uma) hora de 2.260 (dois mil, duzentos e sessenta) microgramas por metro cúbico.

§ 7º - O nível de Emergência será declarado quando, prevendo-se a manutenção das emissões, bem como condições meteorológicas desfavoráveis à dispersão dos poluentes nas 24 (vinte e quatro) horas subsequentes, for atingida uma ou mais das condições a seguir enumeradas:

a) - concentração de dióxido de enxofre (SO₂), média de 24 (vinte e quatro) horas, de 2.100 (dois mil e cem) microgramas por metro cúbico;

b) - concentração de partículas totais em suspensão, média de 24 (vinte e quatro) horas, de 875 (oitocentos e setenta e cinco) microgramas por metro cúbico;

c) - produto, igual a 393 x 103, entre a concentração de dióxido de enxofre (SO₂) e a concentração de partículas totais em suspensão - ambas em microgramas por metro cúbico, média de 24 (vinte e quatro) horas;

d) - concentração de monóxido de carbono (CO), média de 8 (oito) horas, de 46.000 (quarenta e seis mil) microgramas por metro cúbico (40 ppm);

e) - concentração de ozônio, média de 1 (uma) hora de 1.000 (hum mil) microgramas por metro cúbico;

f) - concentração de partículas inaláveis, média de 24 (vinte e quatro) horas, de 500 (quinhentos) microgramas por metro cúbico;

g) - concentração de fumaça, média de 24 (vinte e quatro) horas, de 500 (quinhentos) microgramas por metro cúbico;

h) - concentração de dióxido de nitrogênio (NO₂), média de 1 (uma) hora de 3.000 (três mil) microgramas por metro cúbico.

§ 8º - Cabe aos Estados a competência para indicar as autoridades responsáveis pela declaração dos diversos níveis, devendo as declarações efetuar-se por qualquer dos meios usuais de comunicação de massa.

§ 9º - Durante a permanência dos níveis acima referidos, as fontes de poluição do ar ficarão, na área atingida, sujeitas às restrições previamente estabelecidas pelo órgão de controle ambiental.

Art. 7º - Outros Padrões de Qualidade do Ar para poluentes, além dos aqui previstos, poderão ser estabelecidos pelo CONAMA, se isto vier a ser julgado necessário.

Art. 8º - Enquanto cada Estado não deferir as áreas de Classe I, II e III mencionadas no item 2, subitem 2.3, da Resolução CONAMA nº 005/89, serão adotados os padrões primários de qualidade do ar estabelecidos nesta Resolução.

Art. 9º - Esta Resolução entra em vigor na data de sua publicação, revogadas as disposições em contrário.

Tânia Maria Tonelli Munhoz / José A. Lutzenberger

