

TRATAMENTO E CONTROLE DE EFLUENTES INDUSTRIAIS

Eng^o. Gandhi Giordano, D.Sc

**Prof. Adjunto do Departamento de Engenharia Sanitária e do Meio
Ambiente – UERJ**

Diretor Técnico da Tecma-Tecnologia em Meio Ambiente Ltda

ÍNDICE

Capítulo	Página
1. INTRODUÇÃO	05
2. PARÂMETROS SANITÁRIOS	07
2.1. Apresentação Geral	07
2.1.1 Características dos poluentes	07
2.1.2 Tabelas de classificação dos parâmetros	12
2.2. Legislação ambiental	15
3. LEVANTAMENTO DE DADOS NAS INDÚSTRIAS	17
3.1 Procedimentos para a redução das cargas poluidoras	17
3.2 Levantamento de dados industriais	17
3.3. Programas de amostragem	18
3.3.1 Período de amostragem	18
3.3.2 Coletas de amostras em diferentes matrizes	19
3.3.3 Amostragem de efluentes industriais	20
4. PROCESSOS DE TRATAMENTO DE EFLUENTES LÍQUIDOS	24
4.1 Processos físicos	24
4.1.1 Gradeamento	24
4.1.2 Peneiramento	24
4.1.3. Separação água/óleo	25
4.1.4. Sedimentação	26
4.1.5. Filtração	28

4.1.6. Flotação	28
4.2 Processos químicos	30
4.2.1 A clarificação de efluentes	31
4.2.2 Precipitação química	32
4.2.3 Oxidação de cianetos	33
4.2.4 Redução do cromo hexavalente	34
4.2.5 Precipitação do fósforo	35
4.3 Processos biológicos	35
4.3.1 Lodos ativados	36
4.3.2. Processos facultativos	40
5 PROCESSOS DE DESAGUAMENTO DE LODOS	42
5.1 Adensamento ou espessamento	42
5.2 Secagem de lodo	43
5.3 Secagem natural	43
5.3.1 Lagoas de lodo	43
5.3.2 Leitões de secagem	43
5.4 Secagem mecânica	45
5.4.1 Filtro á vácuo	45
5.4.2 Prensa desaguadora contínua - "<i>belt press</i>"	45
5.4.3 Centrifugação	46
5.4.4 Filtro-prensa	46
6.EQUIPAMENTOS DE PROCESSO	48
7.SISTEMAS DE TRATAMENTO DE EFLUENTES LÍQUIDOS	53
7.1 Níveis de tratamento	53

7.2 Principais processos de tratamento	54
7.2.1 Indústrias alimentícias	54
7.2.2.Indústrias químicas	58
7.3 Reuso de água na indústria	61
7.4. Monitoramento de ETEI	62
8. BIBLIOGRAFIA	63
9. ANEXOS	65

1. INTRODUÇÃO

A utilização de água pela indústria pode ocorrer de diversas formas, tais como: incorporação ao produto; lavagens de máquinas, tubulações e pisos; águas de sistemas de resfriamento e geradores de vapor; águas utilizadas diretamente nas etapas do processo industrial ou incorporadas aos produtos; esgotos sanitários dos funcionários. Exceto pelos volumes de águas incorporados aos produtos e pelas perdas por evaporação, as águas tornam-se contaminadas por resíduos do processo industrial ou pelas perdas de energia térmica, originando assim os efluentes líquidos.

Os efluentes líquidos ao serem despejados com os seus poluentes característicos causam a alteração de qualidade nos corpos receptores e conseqüentemente a sua poluição (degradação). Historicamente o desenvolvimento urbano e industrial ocorreu ao longo dos rios devido à disponibilidade de água para abastecimento e a possibilidade de utilizar o rio como corpo receptor dos dejetos. O fato preocupante é o aumento tanto das populações quanto das atividades industriais e o número de vezes que um mesmo rio recebe dejetos urbanos e industriais, a seguir servindo como manancial para a próxima cidade ribeirinha.

A poluição hídrica pode ser definida como qualquer alteração física, química ou biológica da qualidade de um corpo hídrico, capaz de ultrapassar os padrões estabelecidos para a classe, conforme o seu uso preponderante. Considera-se a ação dos agentes: físicos materiais (sólidos em suspensão) ou formas de energia (calorífica e radiações); químicos (substâncias dissolvidas ou com potencial solubilização); biológicos (microorganismos).

A poluição origina-se devido a perdas de energia, produtos e matérias primas, ou seja, devido à ineficiência dos processos industriais. O ponto fundamental é compatibilizar a produção industrial com a conservação do meio ambiente que nos cerca. Somente a utilização de técnica de controle não é suficiente, mas é importante a busca incessante da eficiência industrial, sem a qual a indústria torna-se obsoleta e é fechada pelo próprio mercado. A eficiência industrial é o primeiro passo para a eficiência ambiental.

A poluição pelos efluentes líquidos industriais deve ser controlada inicialmente pela redução de perdas nos processos, incluindo a utilização de processos mais modernos, arranjo geral otimizado, redução do consumo de água incluindo as lavagens de equipamentos e pisos industriais, redução de perdas de produtos ou descarregamentos desses ou de matérias primas na rede coletora. A manutenção também é fundamental para a redução de perdas por vazamentos e desperdício de energia.

Além da verificação da eficiência do processo deve-se questionar se este é o mais moderno, considerando-se a viabilidade técnica e econômica.

Após a otimização do processo industrial, as perdas causadoras da poluição hídrica devem ser controladas utilizando-se sistemas de tratamento de efluentes líquidos.

Os processos de tratamento a serem adotados, as suas formas construtivas e os materiais a serem empregados são considerados a partir dos seguintes fatores: a legislação ambiental regional; o clima; a cultura local; os custos de investimento; os custos operacionais; a quantidade e a qualidade do lodo gerado na estação de tratamento de efluentes industriais; a qualidade do efluente tratado; a segurança operacional relativa aos vazamentos de produtos químicos utilizados ou dos efluentes; explosões; geração de odor; a interação com a vizinhança; confiabilidade para atendimento à legislação ambiental; possibilidade de reuso dos efluentes tratados (GIORDANO,1999).

Um fator importante que determina o grau de controle da poluição por efluentes líquidos é a localização da indústria. Podemos citar como exemplo o caso de uma indústria que esteja localizada em uma bacia hidrográfica de classe especial, que não poderá lançar nesta nem mesmo os efluentes tratados. Nestes casos é necessário além do tratamento, que seja feita uma transposição dos efluentes tratados para outra bacia, logicamente com maiores custos. Além de atender aos requisitos específicos para o lançamento de efluentes, as características dos efluentes tratados devem ser compatíveis com a qualidade do corpo receptor.

Os sistemas de tratamento de efluentes são baseados na transformação dos poluentes dissolvidos e em suspensão em gases inertes e ou sólidos sedimentáveis para a posterior separação das fases sólida/líquida. Sendo assim se não houver a formação de gases inertes ou lodo estável, não podemos considerar que houve tratamento. A Lei de Lavoisier, sobre a conservação da matéria é perfeitamente aplicável, observando-se apenas que ao remover as substâncias ou materiais dissolvidos e em suspensão na água estes sejam transformados em materiais estáveis ambientalmente. A poluição não deve ser transferida de forma e lugar. É necessário conhecer o princípio de funcionamento de cada operação unitária utilizada bem como a ordem de associação dessas operações que definem os processos de tratamento.

Os sistemas de tratamento devem ser utilizados não só com o objetivo mínimo de tratar os efluentes, mas também atender a outras premissas. Um ponto importante a ser observado é que não se deve gerar resíduos desnecessários pelo uso do tratamento. A estação de tratamento não deve gerar incômodos seja por ruídos ou odores, nem causar impacto visual negativo. Deve-se sempre tratar também os esgotos sanitários gerados na própria indústria, evitando-se assim a sobrecarga no sistema público. Assim cada indústria deve controlar totalmente a sua carga poluidora. Podemos sintetizar que um bom sistema de tratamento é aquele que pode ser visitado.

2. PARÂMETROS SANITÁRIOS

São os indicadores utilizados para o dimensionamento e o controle da poluição por efluentes industriais.

2.1. Apresentação geral.

Após a utilização das águas pelas indústrias, os diversos resíduos e ou energias são incorporados alterando-lhes as suas características físicas, químicas e sensoriais, gerando assim os efluentes líquidos. Para a avaliação da carga poluidora dos efluentes industriais e esgotos sanitários são necessárias as medições de vazão *in loco* e a coleta de amostras para análise de diversos parâmetros sanitários que representam a carga orgânica e a carga tóxica dos efluentes. Os parâmetros utilizados são conjugados de forma que melhor signifiquem e descrevam as características de cada efluente.

2.1.1 Características dos poluentes

Nas indústrias as águas podem ser utilizadas de diversas formas, tais como: incorporação aos produtos; limpezas de pisos, tubulações e equipamentos; resfriamento; aspersão sobre pilhas de minérios, etc. para evitar o arraste de finos e sobre áreas de tráfego para evitar poeiras; irrigação; lavagens de veículos; oficinas de manutenção; consumo humano e usos sanitários.

Além da utilização industrial da água, esta também é utilizada para fins sanitários, sendo gerados os esgotos que na maior parte das vezes são tratados internamente pela indústria, separados em tratamentos específicos ou tratados até conjuntamente nas etapas biológicas dos tratamentos de efluentes industriais. As águas residuárias, neste caso os esgotos sanitários, contêm excrementos humanos líquidos e sólidos, produtos diversos de limpezas, resíduos alimentícios, produtos desinfetantes e pesticidas. Principalmente dos excrementos humanos, originam-se os microorganismos presentes nos esgotos. Os esgotos sanitários são compostos de matéria orgânica e inorgânica. Os principais constituintes orgânicos são: proteínas, açúcares, óleos e gorduras, microorganismos, sais orgânicos e componentes dos produtos saneantes. Os principais constituintes inorgânicos são sais formados de ânions (cloretos, sulfatos, nitratos, fosfatos) e cátions (sódio, cálcio, potássio, ferro e magnésio) (VON SPERLING, 1996).

As características dos efluentes industriais são inerentes a composição das matérias primas, das águas de abastecimento e do processo industrial. A concentração dos poluentes nos efluentes é função das perdas no processo ou pelo consumo de água.

A **poluição térmica**, devido às perdas de energia calorífica nos processos de resfriamento ou devido às reações exotérmicas no processo industrial, também é importante fonte de poluição dos corpos hídricos. Neste caso o parâmetro de controle é a **temperatura** do efluente.

As **características sensoriais** dos efluentes notadamente o **odor** e a **cor aparente** são muito importantes, pois despertam as atenções inclusive dos leigos podendo ser objeto de atenção das autoridades.

O **odor** nos efluentes industriais pode ser devido à exalação de substâncias orgânicas ou inorgânicas devidas a: reações de fermentação decorrentes da mistura com o esgoto (ácidos voláteis e gás sulfídrico); aromas (indústrias farmacêuticas, essências e fragrâncias); solventes (indústrias de tintas, refinarias de petróleo e pólos petroquímicos); amônia do chorume.

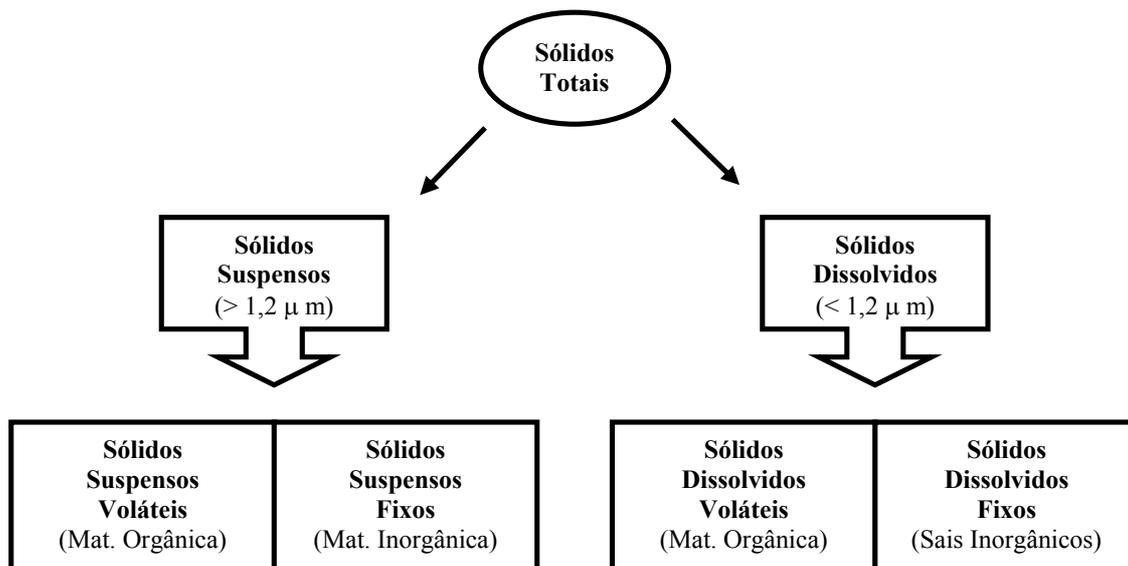
A **cor** dos efluentes é outra característica confusamente controlada pela legislação (GIORDANO, 1999). O lançamento de efluentes coloridos atrai a atenção de quem estiver observando um corpo hídrico. A cor no ambiente é a cor aparente, composta de substâncias dissolvidas (corantes naturais ou artificiais) e coloidais (turbidez).

As características físico-químicas são definidas por parâmetros sanitários que quantificam os sólidos, a matéria orgânica e alguns de seus componentes orgânicos ou inorgânicos. Os compostos com pontos de ebulição superiores ao da água serão sempre caracterizados como componentes dos sólidos.

Os **sólidos** são compostos por substâncias dissolvidas e em suspensão, de composição orgânica e ou inorgânica. Analiticamente são considerados como sólidos dissolvidos àquelas substâncias ou partículas com diâmetros inferiores a 1,2 μm e como sólidos em suspensão as que possuem diâmetros superiores.

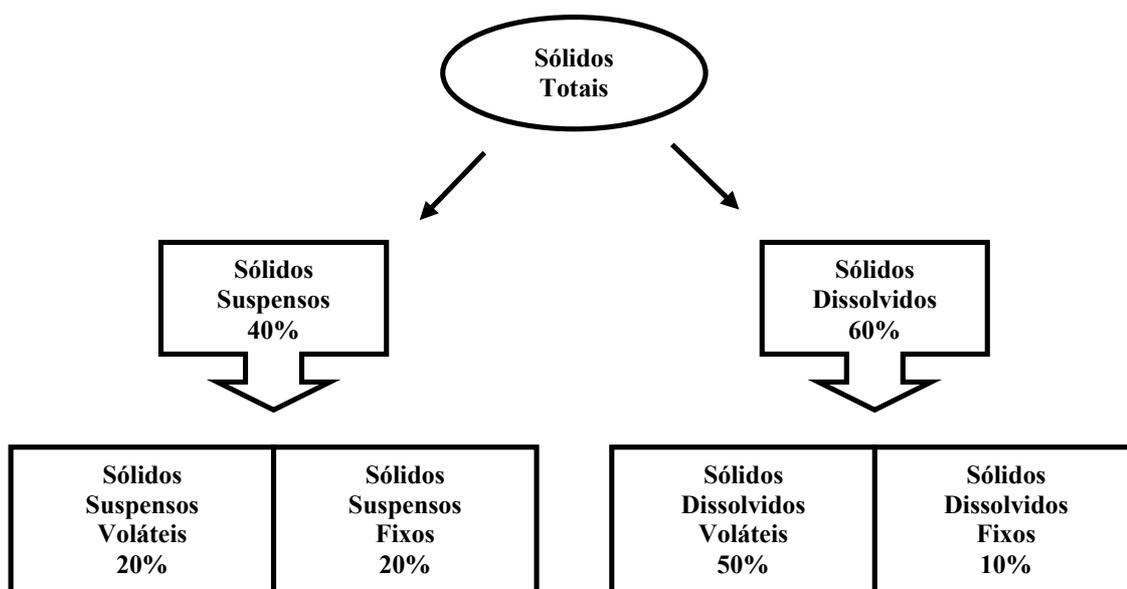
Os **sólidos em suspensão** são subdivididos em sólidos coloidais e sedimentáveis/ flutuantes. Os sólidos coloidais são aqueles mantidos em suspensão devido ao pequeno diâmetro e pela ação da camada de solvatação que impede o crescimento dessas partículas. É importante ressaltar que partículas com diâmetro entre 0,001 e 1,2 μm são coloidais (suspensão), mas pela metodologia analítica padronizada são quantificadas como sólidos dissolvidos. Os sólidos sedimentáveis e os flutuantes são aqueles que se separam da fase líquida por diferença de densidade.

Além do aspecto relativo a solubilidade, os sólidos são analisados conforme a sua composição, sendo classificados como fixos e voláteis. Os primeiros de composição inorgânica e os últimos com a composição orgânica. A seguir pode-se observar um esquema de composição de sólidos:



Pelo exposto é importante ressaltar que as análises dos sólidos não distinguem se estamos tratando de substâncias com composição química definida e conhecida, ou se materiais oriundos do processo industrial, produtos do metabolismo dos microrganismos ou se os próprios flocos biológicos.

Na figura a seguir observa-se a mais provável composição dos sólidos nos esgotos sanitários. Para efluentes industriais esta composição varia conforme cada indústria, devendo ser obtida em cada caso.



(Adaptado de JORDÃO, 1985, p. 27)

A matéria orgânica

A matéria orgânica está contida na fração de sólidos voláteis, mas normalmente é medida de forma indireta pelas **demanda bioquímica de oxigênio (DBO)** e **demanda química de oxigênio (DQO)**. A **DBO** mede a quantidade de oxigênio necessária para que os microorganismos biodegradem a matéria orgânica. A **DQO** é a medida da quantidade de oxigênio necessária para oxidar quimicamente a matéria orgânica. A matéria orgânica ao ser biodegradada nos corpos receptores causa um decréscimo da concentração de **oxigênio dissolvido (OD)** no meio hídrico, deteriorando a qualidade ou inviabilizando a vida aquática.

A matéria orgânica pode ser medida também como **carbono orgânico total (COT)**, sendo este parâmetro utilizado principalmente em águas limpas e efluentes para reuso.

Outros componentes orgânicos tais como os detergentes, os fenóis e os óleos e graxas podem ser analisados diretamente.

Os **detergentes** são industrialmente utilizados em limpezas de equipamentos, pisos, tubulações e no uso sanitário. Podem ser utilizados também como lubrificantes. Existem os detergentes catiônicos e os aniônicos, mas somente os últimos são controlados pela legislação.

Os **fenóis** podem originar-se em composições desinfetantes, em resinas fenólicas e outras matérias primas.

Os **óleos e graxas** estão comumente presentes nos efluentes tendo as mais diversas origens. É muito comum a origem nos restaurantes industriais. As oficinas mecânicas, casa de caldeiras, equipamentos que utilizem óleo hidráulico além de matérias primas com composição oleosa (gordura de origem vegetal, animal e óleos minerais).

O **potencial hidrogeniônico (pH)**, indica o caráter ácido ou básico dos efluentes. Nos tratamentos de efluentes o **pH** é um parâmetro fundamental para o controle do processo.

A matéria inorgânica

A matéria inorgânica é toda àquela composta por átomos que não sejam de carbono (exceto no caso do ácido carbônico e seus sais). Os poluentes inorgânicos são os sais, óxidos, hidróxidos e os ácidos.

A presença excessiva de sais, mesmo sais inertes tais como o cloreto de sódio pode retardar ou inviabilizar os processos biológicos (GRADY Jr et.al., 1980), por efeito osmótico. Em casos extremos podem inviabilizar o uso das águas por salinização.

Os sais não inertes são também analisados separadamente, sendo os principais: os sulfatos que podem ser reduzidos aos sulfetos; os nitratos e nitritos que podem ser desnitrificados; sais de amônia que podem ser nitrificados.

O **nitrogênio** e o **fósforo** são elementos presentes nos esgotos sanitários e nos efluentes industriais e são essenciais às diversas formas de vida, causando problemas devido à proliferação de plantas aquáticas nos corpos receptores. Nos esgotos sanitários são provenientes dos próprios excrementos humanos, mas atualmente têm fontes importantes nos produtos de limpeza domésticos e ou industriais tais como detergentes e amaciantes de roupas (VON SPERLING, 1996, p. 31). Nos efluentes industriais podem ser originados em proteínas, aminoácidos, ácidos fosfóricos e seus derivados.

Os **metais** são analisados de forma elementar. Os que apresentam toxicidade são os seguintes: alumínio; cobre; cromo; chumbo; estanho; níquel; mercúrio; vanádio; zinco. A toxicidade dos metais é função também de seus números de oxidação (cromo trivalente e hexavalente, etc). Outros metais tais como o sódio, cálcio, magnésio, e potássio são analisados principalmente em casos de reuso de águas ou em casos nos quais a salinidade do efluente influencie significativamente em processos de corrosão, incrustação e osmose.

Os principais anions são: amônio; cianeto; carbonato, bicarbonato; hidróxido; nitrato; nitrito; fosfato; sulfato; sulfito; sulfeto.

Agentes biológicos

Os contaminantes biológicos são diversos agentes patogênicos ou não. As características bacteriológicas dos esgotos referem-se à presença de diversos microorganismos tais como bactérias inclusive do grupo coliforme, vírus e vermes (VON SPERLING, 1996, p. 19). No caso das indústrias, as que operam com o abate de animais também são grandes emissoras de microorganismos, bem como muitas produtoras de alimentos.

Os microorganismos presentes contaminam o solo, inclusive os lençóis subterrâneos e as águas superficiais, sendo responsáveis pelas doenças de veiculação hídrica.

Gases

Os esgotos podem também contaminar o ar pela emissão de odores fétidos (gás sulfídrico e ácidos voláteis), e pela presença de microorganismos (aerossóis). O ar também pode ser contaminado pelos efluentes industriais, por meio da emissão dos compostos voláteis orgânicos ou inorgânicos. Além dos incômodos causados pelos odores, existe também a toxicidade inerente a cada substância emitida.

Os gases dissolvidos são diversos: o oxigênio, o gás carbônico, a amônia, o gás sulfídrico.

Existe também a emissão de compostos orgânicos voláteis (VOC's) dos efluentes industriais, mas também podem ser oriundos de esgotos domésticos.

2.1.2 Tabelas de classificação dos parâmetros

Tabela 2.1. Características físicas

<i>Nomes dos parâmetros</i>	<i>unidades</i>	<i>uso ou significado sanitário</i>
Sólidos totais (ST)	mg/L	A composição de cada forma dos sólidos expressa direta ou indiretamente os outros poluentes.
Sólidos totais voláteis (STV)	mg/L	matéria orgânica.
Sólidos totais fixos (STF)	mg/L	matéria inorgânica.
Sólidos suspensos (SS)	mg/L	matéria orgânica e inorgânica com $\varnothing > 0,45$ μm .
Sólidos suspensos voláteis (SSV)	mg/L	matéria orgânica ou biomassa
Sólidos suspensos fixos (SSF)	mg/L	matéria inorgânica coloidal e com \varnothing superiores.
Sólidos dissolvidos totais	mg/L	matéria orgânica e inorgânica com $\varnothing < 0,45$ μm .
Sólidos dissolvidos voláteis	mg/L	matéria orgânica dissolvida
Sólidos dissolvidos fixos (SDF)	mg/L	sais e óxidos solúveis
Curva de distribuição granulométrica	\varnothing %	contribui para a definição do processo de tratamento
Turbidez	uT	permite o conhecimento da transparência dos efluentes e a presença de colóides.
Cor	uH	Está relacionada aos corantes orgânicos sintéticos e ou residuais, aos inorgânicos (metais pesados), aos compostos húmicos e outros subprodutos de biodegradação.
Transmitância	%T	aplicabilidade de UV.
Temperatura	$^{\circ}\text{C}$	processos biológicos e para a solubilidade dos gases na água, além de interferir na velocidade de sedimentação das partículas.
Densidade	g/cm^3	Aplica-se a efluentes com altas concentrações de sólidos
Condutividade	mS/cm	está relacionada à concentração de sais solúveis nos efluentes.

Tabela 2.2. Características químicas inorgânicas

<i>Nomes dos parâmetros</i>	<i>unidades</i>	<i>uso ou significado sanitário</i>
Nutrientes (formas de nitrogênio)	mg/L	Avaliações das concentrações e das formas de nitrogênios disponíveis no meio aquático e ou residuais dos processos de tratamento
Nitrogênio amoniacal, NH_4^+	mg/L	Indica contaminação recente
Nitrogênio orgânico, N_{org}		Indica composto de nitrogênio/ carbono (proteínas, amidas, etc)
Nitrogênio Kjeldahl, $\Sigma [\text{NH}_4^+] + [\text{N}_{\text{org}}]$	mg/L	
Nitritos, NO_2^-	mg/L	Indica a fase da desnitrificação
Nitratos, NO_3^-	mg/L	Indica o estágio máximo da nitrificação
Nitrogênio total, $\Sigma [\text{NH}_4^+] + [\text{N}_{\text{org}}] + [\text{NO}_2^-] + [\text{NO}_3^-]$	mg/L	indica o somatório de todas as formas nitrogenadas
Nutrientes (formas de fósforo)	mg/L	Avaliações das concentrações e das formas de fósforos disponíveis no meio aquático e ou residuais dos processos de tratamento, distinguindo-se as formas oxidadas e reduzidas, assim como, as dissolvidas e particuladas.
Fósforo total, $\Sigma \text{P}_{\text{org}} + \text{P}_{\text{inor}}$ (dis. + part.)		
Fósforo inorgânico, P_{inor}	mg/L	Fosfatos, PO_4^{-3} na forma (dissolvida)
Fósforo orgânico, P_{org}	mg/L	Associado a biomassa (particulado)
potencial Hidrogeniônico, pH	$\log 1/[\text{H}^+]$	Mede a intensidade de acidez ou alcalinidade das águas ou efluentes
Alcalinidade total, $\Sigma [\text{HCO}_3^-] + [\text{CO}_3^{2-}] + [\text{OH}^-]$	mg/L	Mede a capacidade de tamponamento de uma água ou efluente
Cloreto, Cl^-	mg/L	Indica a contaminação por esgotos e a salinidade
Fluoreto, F^-	mg/L	Controla a fluoretação das águas
Metais tóxicos, Ag, Al, As, Cd, Co, Cr, Cu, Hg, Mn, Mo, Ni, Pb, Se, V e Zn	mg/L	Alguns têm funções como micronutrientes, mas todos têm caráter tóxico e são bioacumulativos.
Metais (não tóxicos), Ca, Mg, Na, K e Fe	mg/L	Controlam os processos de incrustação, salinização e cor das águas.
Oxigênio dissolvido, OD	mg/L	Indica as condições de qualidade da vida aquática e é utilizado no controle de processos aeróbios.
Sulfetos, S^{2-}	mg/L	São formados pela redução dos SO_4^{2-} e proteínas em meio anaeróbio ou se originam de efluentes de curtumes.
Sulfato, SO_4^{2-}	mg/L	É precursor do S^{2-} em meio anaeróbio

Tabela 2.3. Características químicas orgânicas

<i>Nomes dos parâmetros</i>	<i>unidades</i>	<i>uso ou significado sanitário</i>
Demanda bioquímica de oxigênio, DBO	mg/L	Quantidade de oxigênio necessária para estabilização da matéria orgânica biodegradável, nas formas dissolvida e coloidal. É uma medida indireta de matéria orgânica.
Demanda química de oxigênio, DQO	mg/L	Quantidade de oxigênio necessária para oxidar por via química enérgica a matéria orgânica, dissolvida ou em suspensão. É uma medida indireta de matéria orgânica.
Carbono orgânico total, COT	mg/L	Mede diretamente o carbono contido na matéria orgânica
Índice de Fenóis	mg/L	É utilizado como microbicida.
Surfactantes (detergentes), MBAS	mg/L	Utilizado para remoção de gorduras
Hidrocarbonetos (BTEX, PAH, e outros)	µg/L	Contaminação de solos ou de águas subterrâneas por combustíveis.
Pesticidas (carbamatos, organofosforados e organoclorados)	µg/L	Resíduos em indústrias de alimentos ou da produção.

Tabela 2.4. Características biológicas

<i>Nomes dos parâmetros</i>	<i>unidades</i>	<i>uso ou significado sanitário</i>
Microbiologia (Colimetria, Escherichia coli, Enterococcus fecais, etc.)	NMP/100ml	Pesquisa microbiológica e verificação da efetividade dos processos de desinfecção.
Outros organismos (bactérias, protozoários, helmintos e vírus)		Normalmente são pesquisados nos casos de reuso de efluentes
Toxicidade aguda e crônica (Peixes, uT, CENO microcrustáceos e microalgas)		São utilizados para se verificar a toxicidade de uma substância específica ou do efeito sinérgico de diversos poluentes identificados ou não na amostra, relacionando-se ao impacto da biota do corpo receptor

Obs. NMP – Número mais provável; UT – unidade de toxicidade; CENO – Concentração máxima de efeito não observado.

2. 2. Legislação ambiental

A legislação ambiental é muito complexa, mesmo aquela somente aplicada à indústria. Como estamos estudando o tratamento dos efluentes industriais necessitamos conhecer os padrões de lançamento dos efluentes para diversos Estados brasileiros, com enfoque especial para suas especificidades.

A legislação é a primeira condicionante para um projeto de uma estação de tratamento de efluentes industriais, sendo importante ressaltar que as diferenças das legislações muitas vezes inviabilizam a cópia de uma estação de tratamento que apresente sucesso em um Estado para outro. Uma ETEI pode ser suficiente para atender a legislação de um Estado mas não atender a todos os limites estabelecidos por outro Estado.

Os parâmetros para controle da carga orgânica são aplicados de forma muito diferente, entre alguns Estados. No Estado do Rio de Janeiro a avaliação é feita utilizando-se os parâmetros DBO e DQO. Em relação a DBO a eficiência está diretamente ligada a carga orgânica em duas faixas: até 100 Kg DBO/d 70% e acima de 100 Kg DBO/d 90%. Em relação a DQO o controle é realizado por concentração existindo uma tabela na qual a tipologia da indústria é o indicador.

No Estado do Rio Grande do Sul as concentrações de DBO e DQO variam inversamente com a carga orgânica. Sendo assim quanto maiores as cargas orgânicas menores são as concentrações permitidas para lançamento.

No Estado de São Paulo o controle é realizado utilizando-se somente a DBO como parâmetro. É exigida a redução de carga orgânica de 80% ou que a DBO apresente concentração máxima de 60mg O₂/L.

No Estado de Minas Gerais o controle é realizado de duas formas. Por concentração tanto da DBO quanto da DQO, sendo aplicados indistintamente para quaisquer indústrias. Os limites são 60 e 90 mgO₂/L respectivamente. Por eficiência de redução da carga orgânica em relação a DBO mínima de 85% sendo atendidas em relação a DBO pelo menos uma das duas condições.

O Estado de Goiás limita a carga orgânica somente em relação a DBO, mas estabelecendo a concentração máxima de 60 mgO₂ /L ou sua redução em 80%.

Nos outros Estados o conceito é o mesmo do CONAMA sendo a carga orgânica controlada apenas no corpo receptor.

Em relação aos sólidos em suspensão, que na maioria dos casos, se de composição orgânica podem ser relacionados diretamente com a DQO, somente os Estados de Minas Gerais e Rio Grande do Sul estabelecem limites de concentração para os mesmos.

As presenças dos parâmetros, Dureza na legislação gaúcha e da Toxicidade aos Peixes na legislação fluminense, são fatos que devem ser observados.

No que se refere aos metais o que varia entre as diversas legislações estaduais é a concentração dos parâmetros.

3. LEVANTAMENTO DE DADOS NAS INDÚSTRIAS

3.1 Procedimentos para a redução das cargas poluidoras

Sendo os efluentes industriais as perdas de água e matérias primas ou produtos oriundos do processo deve-se em primeiro lugar verificar se estas perdas não podem ser evitadas ou reduzidas antes de se realizar o monitoramento.

Processos de limpeza de tanques, tubulações e pisos devem ser sempre focos de atenção, pois nestes pontos originam-se importantes cargas poluidoras.

Sempre que os resíduos puderem ser removidos na forma sólida ou semi-sólida tais como pós ou pastas, deve-se assim proceder, evitando-se a solubilização e o arraste dos mesmos por lavagens. Este princípio pode ser aplicado tanto à limpeza de reatores quanto à de pisos.

Programas de manutenção preventiva devem ser implantados, pois as paralisações do processo produtivo levam muitas vezes do descarte de produtos, aumentando a carga poluidora.

Vazamentos em bombas ou tubulações também ocasionam a geração de efluentes , devendo ser corrigidos.

A correta especificação das matérias primas também evita o descarte de materiais fora de especificação, que é sinônimo de carga poluidora.

A linha divisória entre poluentes e produtos é exatamente a possibilidade de sua utilização pelo mercado. Pode-se concluir que a melhor forma de se controlar a poluição industrial é pela busca incessante da eficiência desses processos.

No caso de indústrias novas deve-se projetá-las com os tanques e tubulações que favoreçam a limpeza e com a melhor relação entre os volume e a superfície interna, o que no caso de limpezas teriam as menores perdas possíveis (produtos aderidos às superfícies das tubulações e tanques). Otimizar o arranjo geral de forma ser possível o menor comprimento de tubulações e ou número reduzido de conexões.

3.2. Levantamento de dados industriais

Para caracterizar a carga poluidora dos efluentes industriais é necessário o conhecimento prévio do processo industrial para a definição do programa de amostragem.

As informações importantes a serem obtidas são: Lista de matérias-prima, principalmente aquelas que de alguma forma possam ser transferidas para os efluentes; fluxograma do processo industrial indicando os pontos nos quais são

gerados efluentes contínuos ou intermitentes; identificar os pontos de lançamento de efluentes; definir o sistema de medição de efluentes e instalá-lo.

O ritmo produtivo também deve ser conhecido, não só os horários dos turnos de trabalho, como também o das operações de limpeza, manutenção, ou por processos industriais sazonais (indústrias de frutas, produtos têxteis relacionados à moda, cosméticos, bebidas, etc.).

Os parâmetros escolhidos para a caracterização dos efluentes devem ser: representativos da carga poluidora; servirem para a definição do processo de tratamento; servirem para o dimensionamento da estação de tratamento; atenderem ao programa de monitoramento estabelecido para o atendimento à legislação ambiental.

A caracterização físico-química das águas, esgotos sanitários, efluentes industriais e também dos resíduos industriais (resíduos sólidos industriais - RSI), consiste em serviços de determinação no campo e a utilização do controle analítico de laboratório relativos aos parâmetros sanitários e ambientais.

Em virtude dos diferentes tipos de poluentes lançados nos corpos receptores são necessários diversos parâmetros de controle analítico. Os parâmetros normalmente utilizados são os de natureza física, química e biológica.

Além da caracterização físico-química e biológica, é necessária a medição de vazão associada à coleta de amostras.

3.3. Programa de amostragem

Após a definição do objetivo da amostragem o programa deve ser elaborado com base no levantamento prévio de dados industriais conforme descrito no item anterior, sendo composto dos seguintes itens:

- Período de amostragem;
- Metodologia para quantificação de vazões;
- Coleta das amostras;
- Análises laboratoriais, sua interpretação e comparação com a legislação ambiental.

3.3.1. Período de amostragem

O período de amostragem pode ser definido pelo órgão ambiental, ou estabelecido de forma que seja representativo pelas características da produção industrial. Os fatores que podem influenciar o período de amostragem são:

- Sazonalidade da produção (indústrias de alimentos, de cosméticos e têxteis);
- Variabilidade da produção;
- Fatores climáticos.

3.3.2. Coletas de amostras em diferentes matrizes

As coletas de amostras podem ser classificadas em simples ou compostas, observando-se que algumas medições diretas devem ser realizadas *in loco*. A definição do tipo de coleta é função da matriz a ser analisada, sendo diversas as matrizes que podem estar relacionadas com a qualidade ou impacto causado pelos efluentes industriais, tais como: águas naturais superficiais (rios, represas, lagoas, lagos e mar), subterrâneas (fontes ou poços); esgotos sanitários e efluentes industriais tratados ou não; resíduos industriais. A seguir as matrizes mais comuns:

- **em rios, represas, lagos, lagoas e no mar:**

Coletam-se amostras para verificar o enquadramento do manancial em consequência do lançamento de efluentes industriais. No caso de rios os pontos de amostragem devem ser situados à montante e à jusante do ponto de lançamento dos efluentes da indústria, conhecendo-se a zona necessária para a mistura.

- **em esgotos sanitários:**

Pode-se coletar as amostras que caracterizem os esgotos bruto e tratado ou em pontos do processo de tratamento. O objetivo pode ser de tratamento conjunto dos efluentes ou monitoramento independente. Em alguns casos verifica-se a possibilidade de interferência nos sistemas coletores de esgotos sanitários e industriais.

- **em efluentes industriais:**

As amostras dos efluentes brutos servem para quantificar a carga poluidora, verificar a sua variabilidade, definir o processo de tratamento, dimensionar os sistemas de tratamento e para verificar as suas eficácia e eficiência.

- **em águas de abastecimento, com origem na rede pública em águas subterrâneas**

Para análises das águas de abastecimento fornecidas por algum órgão de saneamento; coletam-se amostras na rede de distribuição, nos reservatórios de água e nos pontos de consumo; as amostras de poços freáticos ou artesianos devem ser coletadas nos pontos imediatamente após o bombeamento; as águas de fontes devem ser coletadas no ponto de surgência; é importante o conhecimento das características físico-químicas, principalmente no que se refere às características inerentes à estabilidade (incrustação, corrosão), bem como o atendimento aos padrões de potabilidade.

- **em piezômetros:**

As amostras são coletadas conforme a Norma Brasileira, com o objetivo de monitorar os aterros sanitários, de resíduos industriais e áreas com o solo contaminado.

As técnicas de coleta são definidas a partir da matriz (águas, esgotos sanitários, efluente industrial e ou resíduos), que por sua vez define os parâmetros representativos a serem analisados. Os parâmetros são definidos também pelos objetivos, ou seja, pela utilização dos resultados analíticos.

3.3.3. Amostragem de efluentes industriais

Objetivo: Definição da utilização dos resultados.

Metodologia: Estabelecidos a matriz a ser caracterizada e os objetivos, podem ser definidos o período de coleta, os materiais necessários, as condições para as coletas das amostras e os parâmetros a serem analisados. Para alcançar o êxito, deve-se ter em mente que a amostra coletada deve ser representativa e que essa deve preservar as suas condições até a entrada no laboratório para a execução das análises.

Período: Defini-se o período, no qual serão coletadas as amostras, ou seja, durante quantos dias, em quais e por quantas horas e com qual frequência serão as mesmas coletadas.

Normalmente determina-se o período em função de custos e prazo, desde de que não haja comprometimento da técnica. Este período é função da representatividade que se consegue com a amostra. Se uma indústria opera todos os dias da mesma forma, em um período de três dias pode-se obter amostras representativas. Se a atividade industrial processar frutas que são matérias primas tipicamente sazonais, a caracterização dos efluentes pode ser estendida em diversos períodos, de cada safra.

Materiais e equipamentos: Deve-se listar os materiais para a coleta das amostras, como por exemplo:

Materiais de uso comum – Frascos específicos para os parâmetros a serem coletados (etiquetados, contendo os preservativos químicos ou não), gelo ou geladeira para as amostras, termômetro, fichas de campo, caneta esferográfica, caneta para retroprojeter, relógio, GPS, capas de chuva, réguas, frascos com alça ou cabo, equipamentos de campo (pH, POR, oxímetro, condutivímetro).

Materiais para a coleta em corpos hídricos (rios, lagoas lagos e represas): colete salva-vida, bóia, corda, cinto de segurança, botas, garrafa de coleta e barco.

Materiais para a coleta em sistemas de tratamento de esgotos e efluentes industriais: vertedores e outras instalações de medição de vazão.

Equipe: A equipe para coleta de amostras deve ser constituída pelos técnicos de coleta e por um coordenador de nível superior da área de conhecimento da matriz a ser caracterizada.

Local e ponto de coleta: A localização é sempre a definição macro, ou seja, o endereço da indústria, o porto da cidade X, a ETE Y, etc. O ponto de coleta é definido pela micro-localização: afluente da ETEI; efluente da ETEI; ponto fixado pelas coordenadas geográficas.

Exemplifica-se com um caso de coleta de amostra em rio. A localização pode ser a de um trecho do rio, tal como o médio Paraíba do Sul. Em função do número de pontos, de suas localizações e o tempo necessário para a locomoção entre esses, deve-se definir o número de técnicos para a coleta. Pode-se verificar que a prévia determinação dos pontos é importante, uma vez que define as equipes. Os locais são determinados primeiramente por mapa e marcados ponto a ponto, como por exemplo: debaixo da ponte tal, à tantos metros acima de algum acidente geográfico fixo, amarrar o ponto (coordenadas geográficas com a utilização de GPS), de maneira que se daqui a cinco anos for necessário, possa ser possível voltar exatamente ao mesmo local. Não se pode aceitar a ordem de se fazer a coleta em um determinado local (pelo contratante ou órgão fiscalizador) se não há viabilidade física de coleta (há perigo ou risco de vida), mesmo que o ponto ordenado seja o ponto tecnicamente melhor.

Tipo de coleta

Outra definição importante é sobre o tipo de amostra, ou seja, se a amostra é simples ou composta.

A **Amostra Simples** representa o que está ocorrendo naquele momento. Se o manancial não varia muito, ela pode ser representativa.

A **Amostra Composta** é formada por várias e pequenas alíquotas coletadas ao longo do tempo. À cada turno (8 horas, 24 horas), coletam-se alíquotas que formam as amostras compostas.

A amostra composta pode ser obtida por:

- alíquotas pré-estabelecidas ou volume pré-estabelecido.
- alíquotas variáveis, que são aquelas nas quais o volume varia de acordo com, a vazão (neste caso são amostras de alíquotas proporcionais à vazão), é por isto que em medições de água e esgoto, tem que se ter um vertedor perto do ponto de coleta da amostra.

Dispositivos de Medição de Vazão

Existem dispositivos simples: para pequenas vazões, como por exemplo, cubagem.

Anota-se o tempo que a água leva para encher um recipiente de volume conhecido. Como a vazão é o volume em função do tempo, é só dividir o volume do recipiente pelo tempo que se levou para enchê-lo. Se não se conhece o volume do recipiente, faz-se uma marca no recipiente, anota-se o tempo e depois vai-se aferir o volume em outro local.

Existem locais de difícil acesso sendo praticamente impossível instalar um dispositivo para se medir a vazão, ou nos casos que os custos forem elevados para se instalar um vertedor só para se coletar uma amostra, pode-se adotar o seguinte procedimento:



fecha-se a entrada do reservatório, mede-se a altura (h) e o tempo (T) que leva para se ter um desnível (Δh). Isto deve ser feito sem que se prejudique o processo de fabricação. Neste caso, deve-se ter conhecimento do processo de fabricação para saber a quantidade de água que se incorporou ao produto (por exemplo refrigerante), e as águas que são evaporadas.

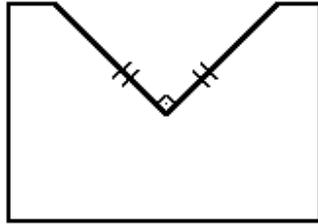
Em indústrias modernas há hidrômetros em cada seção para se controlar o consumo de cada seção da indústria ou etapa do processo. Aproveitam-se as medições parciais obtidas por estes hidrômetros em cada ramal ou seção para se chegar à vazão total.

Vertedores:

Para cada faixa de vazão deve-se adotar um tipo de vertedor, com o seu formato e equação específica.



vertedor retangular sem restrição ou contração
 $Q > 20 \text{ m}^3/\text{h}$
 (usado para grandes vazões)



**vertedor triangular de
Thompson**
 $Q < 50 \text{ m}^3/\text{h}$

Calha Parshall (tem padrões pré estabelecidos), devendo ser adquirida, sendo indicada para vazões $>50 \text{ m}^3/\text{h}$.



A foto mostra um vertedor triangular de Thompson, com régua de medição instalada.

Fluxômetros - Para calhas de rios, utilizam-se fluxômetros para se obter a vazão.

Traçadores Radioativos e Fluorimétricos - são utilizados nos casos de impossibilidade de instalação de medidores de vazão ou até mesmo para a elaboração do "as built" da rede coletora de efluentes. Os traçadores são utilizados também para se conhecer as zonas de dispersão de efluentes lançados em rios ou em emissários submarinos.

4. PROCESSOS DE TRATAMENTO DE EFLUENTES LÍQUIDOS

Os sistemas de tratamentos de efluentes objetivam primordialmente atender à legislação ambiental e em alguns casos ao reuso de águas.

Para a definição do processo de tratamento dos efluentes industriais são testadas e utilizadas diversas operações unitárias. Os processos podem ser classificados em físicos, químicos e biológicos em função da natureza dos poluentes a serem removidos e ou das operações unitárias utilizadas para o tratamento.

4.1 Processos físicos

São os processos que basicamente removem os sólidos em suspensão sedimentáveis e flutuantes através de processos físicos, tais como:

Gradeamento;
Peneiramento;
Separação de óleos e gorduras;
Sedimentação;
Flotação;

São processos físicos também aqueles capazes de remover a matéria orgânica e inorgânica em suspensão coloidal e reduzir ou eliminar a presença de microrganismos tais como:

Processos de filtração em areia;
Processos de filtração em membranas (micro filtração e ultrafiltração);

Os processos físicos também são utilizados unicamente com a finalidade de desinfecção, tais como a radiação ultravioleta.

4.1.1 Gradeamento

Com o objetivo da remoção de sólidos grosseiros capazes de causar entupimentos e aspecto desagradável nas unidades do sistema de tratamento são utilizadas grades mecânicas ou de limpeza manual. O espaçamento entre as barras varia normalmente entre 0,5 e 2 cm.

4.1.2 Peneiramento

Com o objetivo da remoção de sólidos normalmente com diâmetros superiores a 1 mm, capazes de causar entupimentos ou com considerável carga orgânica são utilizadas peneiras.

As peneiras mais utilizadas têm malhas com barras triangulares com espaçamento variando entre 0,5 a 2mm, podendo a limpeza ser mecanizada (jatos de água ou escovas) ou ser estática. No caso de serem utilizadas peneiras em efluentes

gordurosos ou com a presença de óleos minerais deve-se utilizar as peneiras com limpeza mecanizada por escovas.

A utilização de peneiras é imprescindível em tratamentos de efluentes de indústrias de refrigerantes, têxtil, pescado, abatedouros e frigoríficos, curtumes, cervejarias, sucos de frutas e outras indústrias de alimentos.

As peneiras devem ser aplicadas também em outros efluentes que apresentem materiais grosseiros, tais como: fiapos; plásticos; resíduos de alimentos, etc.



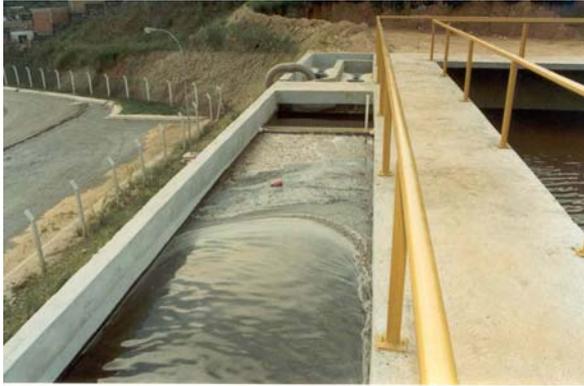
A foto mostra uma peneira com limpeza mecânica da **Tecma**, instalada em um abatedouro de aves.

4.1.3. Separação água/ óleo

O processo de separação é um processo físico que ocorre por diferença de densidade, sendo normalmente as frações oleosas mais leves recolhidas na superfície. No caso de óleos ou borras oleosas mais densas que a água, esses são sedimentados e removidos por limpeza de fundo do tanque.

O processo é muito utilizado na indústria do petróleo, postos de serviço, oficinas mecânicas e outras atividades que utilizam óleo.

Este processo não é capaz de remover óleo emulsionado, sendo utilizado na etapa preliminar dos sistemas de tratamento.



As fotos mostram caixas separadoras instaladas em uma indústria de bebidas (esquerda) e a outra em um posto de serviço (direita).

4.1.4. Sedimentação

O processo de sedimentação é uma das etapas de clarificação, devendo ser aplicado conforme as características de cada efluente e do processo de tratamento.

No caso dos processos que gerem lodos orgânicos deve-se evitar a permanência exagerada desses no fundo dos decantadores para reduzir a sua anaerobiose e a conseqüente formação de gases que causam a flutuação de aglomerados de lodos.

Isto pode ocorrer por simples anaerobiose com a formação de metano e gás carbônico e pela desnitrificação com a redução dos íons nitratos a gás nitrogênio. Pode ocorrer também a formação de gás sulfídrico pela redução do íon sulfato.

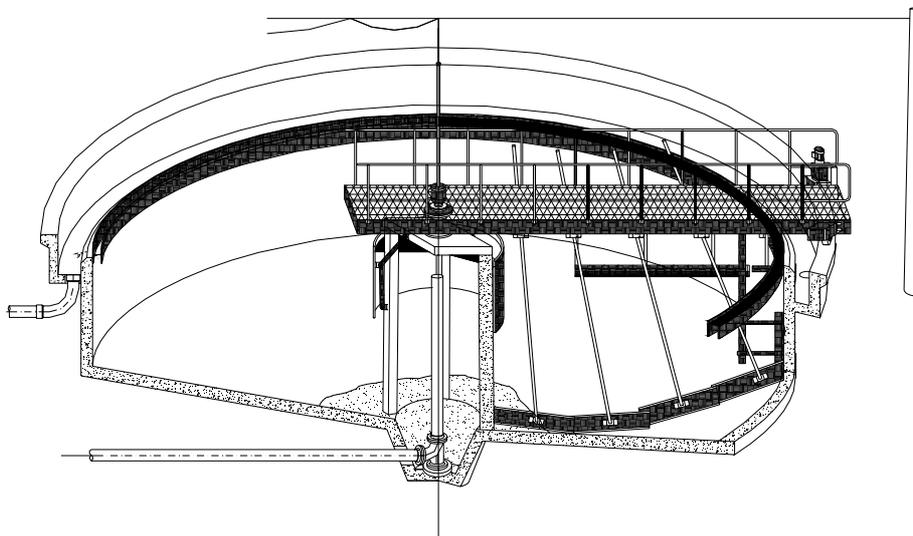
A sedimentação é um processo físico, logo se deve evitar nos decantadores as condições para ocorrência da atividade microbiana.

Nos casos de lodos originados nos processos químicos ou com efluentes originados em processos industriais inorgânicos pode-se admitir um tempo de retenção maior dos lodos no fundo dos decantadores.

Os decantadores apresentam diversas formas construtivas e de remoção de lodo, com ou sem mecanização. Os decantadores podem ser circulares ou retangulares, com limpeza de fundo por pressão hidrostática ou com remoção de lodo mecanizada por raspagem ou sucção. No caso da presença de escumas (materiais flutuantes), é necessário um removedor de espuma.

Como qualquer outra unidade de tratamento os tanques de decantação são projetados para um equipamento específico ou sistema de limpeza, não sendo viáveis alterações posteriores ao projeto.

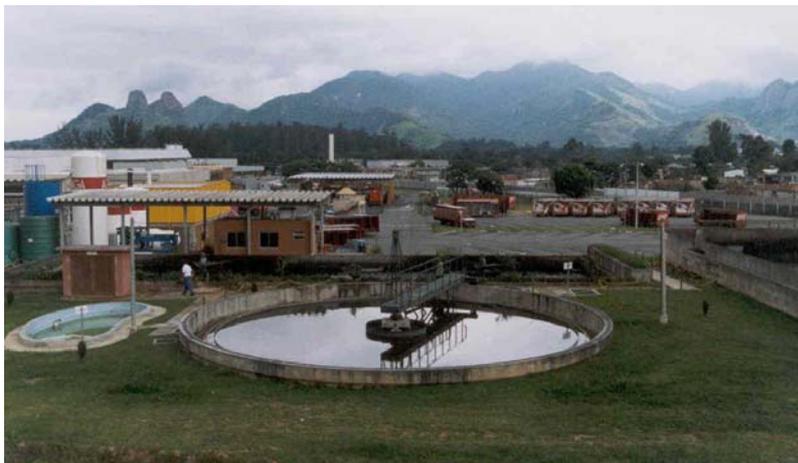
REMOVEDOR DE LODO CIRCULAR



Os principais defeitos construtivos ou operacionais dos decantadores podem ser verificados na tabela a seguir:

Defeitos construtivos ou de instalação dos decantadores

Defeitos	Conseqüências
Desnívelamento, baixa inclinação da zona de lodo ou zonas mortas.	Desenvolvimento de atividade microbiana com a conseqüente formação de gases e arraste do lodo para a superfície e perda de lodo.
Desnívelamento do vertedor periférico ou sua má vedação	Curto circuito ocasionando arraste de lodo não sedimentado nestas zonas.
Removedores do lodo com velocidades periféricas superiores a $18 \text{ raio / t (m/min)}$.	Ressuspensão de lodo com a possibilidade de arraste.
Taxas de aplicação de carga hidráulica muito altas $> 1 \text{ m}^3/\text{m}^2\text{h}$.	Arraste de lodo não sedimentado.
Taxa de aplicação de carga hidráulica baixa. $< 0,5 \text{ m}^3/\text{m}^2\text{h}$. (para lodos orgânicos)	Desenvolvimento de atividade microbiana com a formação de gases e arraste do lodo para a superfície; perda de lodo.
Turbulência causada pela ação dos ventos.	Arraste de lodo.
Ausência de placa defletora ou cilindro defletor central na entrada dos decantadores	Curto-circuito hidráulico e arraste de lodo



Vista de um decantador final instalado em uma indústria de bebidas, com lago de biomonitoramento à esquerda.

4.1.5 Filtração

É o processo da passagem de uma mistura sólido – líquido através de um meio poroso (filtro), que retém os sólidos em suspensão conforme a capacidade do filtro e permite a passagem da fase líquida.

Os filtros podem ser classificados como filtros de profundidade e de superfície. Os filtros de profundidade promovem a retenção de sólidos em toda a camada filtrante. Os filtros de superfície apresentam camada filtrante uniforme, rígida e delgada, sendo o seu funcionamento semelhante ao de uma peneira.

O processo de filtração em membranas é atualmente o processo com maior desenvolvimento para aplicações em efluentes industriais. A sua aplicação pode ocorrer tanto em reatores de lodos ativados quanto em processos de polimento para retenção de microorganismos ou moléculas orgânicas responsáveis por cor ou toxicidade.

Nos reatores biológicos são empregadas as membranas de microfiltração (concentração de flocos biológicos). Para o polimento dos efluentes são utilizadas as membranas de ultrafiltração (retenção de microorganismos) e nanofiltração (retenção de microorganismos e moléculas orgânicas).

4.1.6 Flotação

A flotação é outro processo físico muito utilizado para a clarificação de efluentes e a conseqüente concentração de lodos, tendo como vantagem a necessidade reduzida de área, tendo como desvantagem um custo operacional mais elevado devido à mecanização.

A flotação deve ser aplicada principalmente para sólidos com altos teores de óleos e graxas e ou detergentes tais como os oriundos de indústrias petroquímicas, de pescado, frigoríficas e de lavanderias.

A flotação não é aplicada aos efluentes com óleos emulsionados, a não ser que os efluentes tenham sido coagulados previamente.

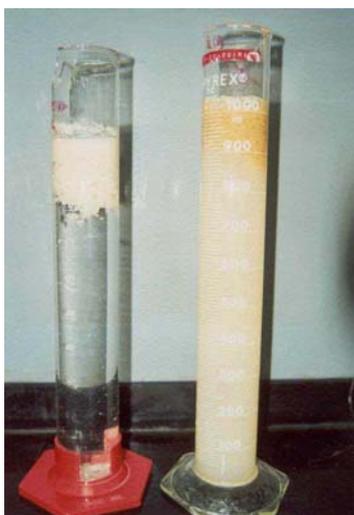
Além de ser um processo unitário utilizado no nível primário de tratamento, é aplicado também na etapa de espessamento de lodo.

Existem flotadores a ar dissolvido (FAD), a ar ejetado e a ar induzido.

A remoção do material flotado pode ser realizada por escoamento superficial como nos decantadores ou por raspagem superficial.

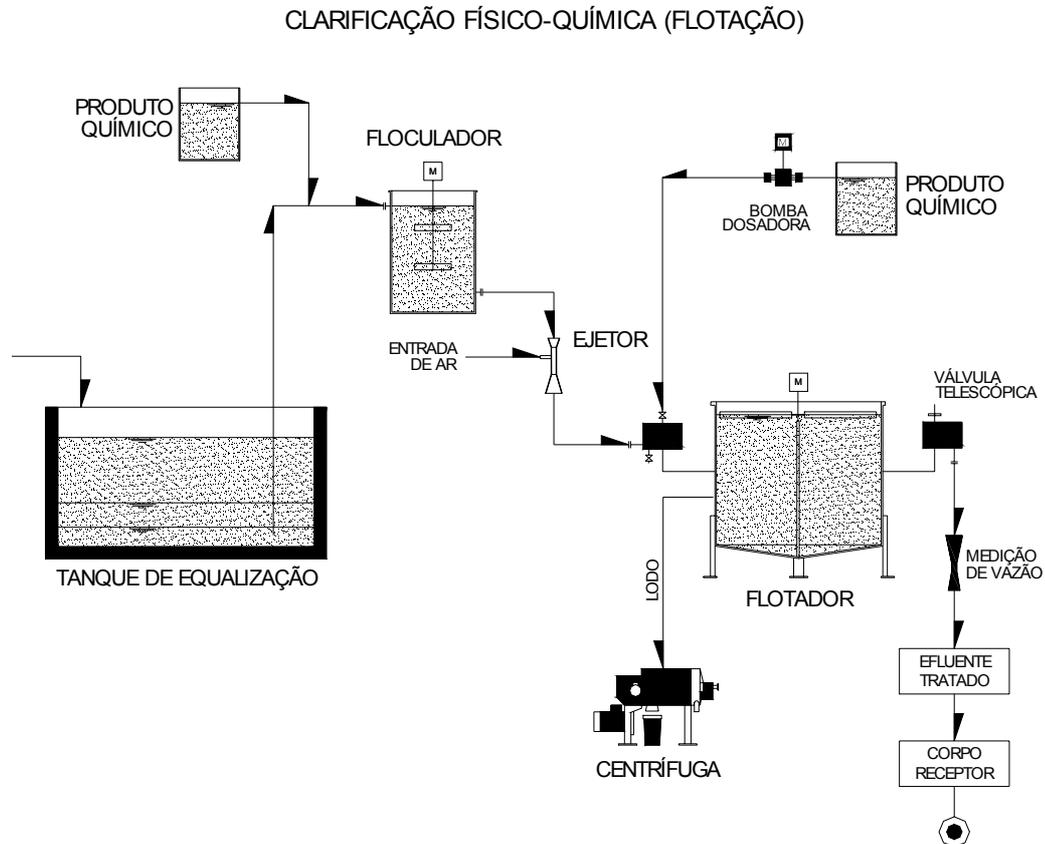
Defeitos construtivos ou de instalação dos flotadores

Defeitos	Conseqüências
Presença de bolhas grosseiras (ar não dissolvido).	Perturbação da camada de lodo flotado (escuma), causando a sua sedimentação.
Relação entre o ar dissolvido e os sólidos em suspensão não satisfeita.	Sedimentação e arraste de lodo.
Tempo de retenção reduzido ou turbulência na câmara de flotação	Arraste de lodo ou óleos.
Tempo de retenção excessivo na câmara de flotação	Sedimentação e arraste de lodo



Amostra de indústria de margarina flotada em laboratório

O fluxograma a seguir apresenta um esquema típico de flotação para efluentes industriais.



4.2 Processos químicos

São considerados como processos químicos esses que utilizam produtos químicos, tais como: agentes de coagulação, floculação, neutralização de pH, oxidação, redução e desinfecção em diferentes etapas dos sistemas de tratamento; através de reações químicas promovem a remoção dos poluentes ou condicionem a mistura de efluentes a ser tratada aos processos subsequentes. Os principais processos encontram-se listados a seguir:

- Clarificação química (remoção de matéria orgânica coloidal, incluindo os coliformes);
- Eletrocoagulação (remoção de matéria orgânica, inclusive de compostos coloidais, corantes e óleos/ gorduras);
- Precipitação de fosfatos e outros sais (remoção de nutrientes), pela adição de coagulantes químicos compostos de ferro e ou alumínio;
- Cloração para desinfecção;
- Oxidação por ozônio, para a desinfecção;
- Redução do cromo hexavalente;

- Oxidação de cianetos;
- Precipitação de metais tóxicos;
- Troca iônica.

4.2.1 A clarificação de efluentes

Os processos físico-químicos aplicados com o objetivo de clarificar efluentes são baseados na desestabilização dos colóides por coagulação seguido da floculação e separação de fases por sedimentação ou flotação.

Os colóides podem ser formados por microorganismos, gorduras, proteínas, e argilas, estando o diâmetro das partículas coloidais na faixa de 0,1 de 0,01 μ m.

A desestabilização de colóides pode ser conseguida por diversos meios: o calor; a agitação; agentes coagulantes químicos; processos biológicos; passagem de corrente elétrica (eletrocoagulação), ou ainda a eletrocoagulação com a adição de coagulantes químicos.

A adição de agentes coagulantes (sais de ferro ou alumínio) é muito utilizada, sendo também eficaz para a remoção de fósforo, tendo como desvantagens o custo dos produtos químicos e o maior volume de lodo formado. As grandes vantagens são a praticidade e a boa qualidade dos efluentes obtidos.



Amostra de indústria de papel

A eletrocoagulação é a passagem da corrente elétrica pelo efluente em escoamento pela calha eletrolítica, sendo responsável por diversas reações que ocorrem no meio: a oxidação dos compostos; a substituição iônica entre os eletrólitos inorgânicos e os sais orgânicos, com a conseqüente redução da concentração da matéria orgânica dissolvida na solução; a desestabilização das partículas coloidais. (GIORDANO, 1999).

A separação das fases sólida (escuma) e líquida (efluente tratado) ocorre na própria calha. O arraste para a superfície, dos coágulos e flocos formados, devido à adsorção desses ao hidrogênio gerado por eletrólise; a fase tratada é escoada pela parte inferior da calha. A separação de fases pode ser melhorada por sedimentação posterior, por ocasião da dessorção do hidrogênio.

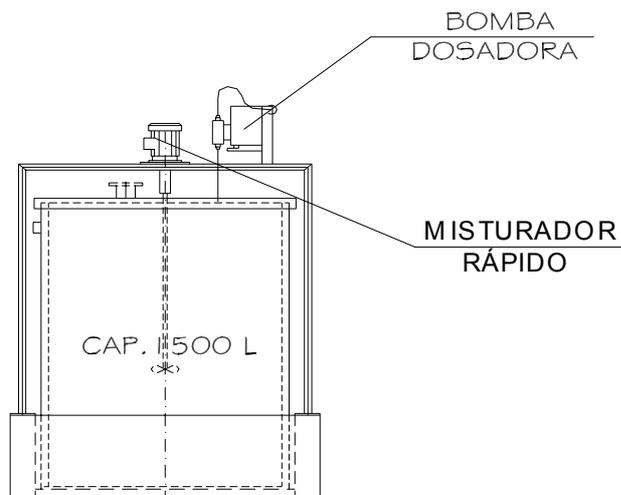


Vista de calhas eletrolíticas

4.2.2 Precipitação química

A precipitação de metais ocorre pela formação de hidróxidos metálicos, devendo ser verificada a curva de solubilidade dos metais (pH x solubilidade). A maior dificuldade é a precipitação concomitante de diversos metais, sem que as curvas de solubilidade apresentem coincidências entre as concentrações mínimas.

Deve-se observar também se as concentrações mínimas obtidas pelo tratamento quando a precipitação ocorre em um pH comum a diversos metais são inferiores aos limites estabelecidos para lançamento nos corpos receptores ou na rede coletora.



4.2.3. Oxidação de cianetos

Devido à toxicidade inerente ao íon cianeto é necessária a oxidação desses íons, para destruir as ligações formadas entre os cianetos e os metais tóxicos a esses ligados. Deve-se ressaltar que se os metais estiverem complexados pelos cianetos, torna-se impossível a sua precipitação. Os metais mais comumente ligados ao cianeto são o zinco, o cobre, o níquel, a prata e o cádmio.

A oxidação dos cianetos ocorre pela reação do íon hipoclorito em meio alcalino, com a formação do gás carbônico e nitrogênio. Os metais após a oxidação dos cianetos tornam-se insolúveis na forma de hidróxidos. O tempo da reação é de aproximadamente 1 hora, para as duas etapas.

As reações típicas de oxidação são:



As reações parciais da primeira etapa são:



O pH deve ser mantido na faixa superior a 11,5 para evitar a liberação de cloreto de cianogênio (ClCN), gás extremamente tóxico.

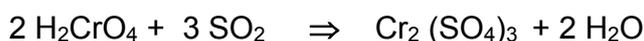
Vantagens	Desvantagens
Controle de produtos químicos	Aumento da salinidade residual
Pode ter controle automático	Ajuste de pH a valores superiores a 11,5
Controlada pela medida de POR e pH (automatismo)	O excesso de cloro na etapa de neutralização pode oxidar o cromo ⁺³
Eficácia comprovada pela grande utilização e atendimento à legislação	Reação lenta
Baixo custo do tratamento	

4.2.4. Redução do Cromo hexavalente

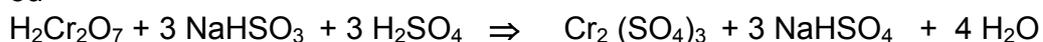
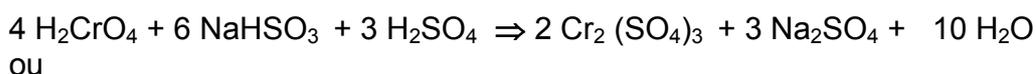
A utilização de cromo hexavalente nos banhos de galvanoplastias e curtumes é a principal origem do cromo nos efluentes industriais. O cromo ainda é utilizado como componente de tintas anticorrosivas e em tratamento de águas para sistemas de resfriamento.

O cromo na forma hexavalente é solúvel em pH ácido ou alcalino. Para que ocorra a sua remoção é necessário que o mesmo seja reduzido para a forma de cromo trivalente e precipitado como hidróxido.

No caso do íon cromato o Cromo +6 é reduzido para o estado de oxidação +3 pela ação do dióxido de enxofre ou compostos derivados (bissulfitos). A redução do cromo ocorre em pH ácido, inferior a 2,5. A velocidade da reação diminui rapidamente se o pH for superior a 3,5, estando as reações apresentadas a seguir:



As reações de redução com a utilização de bissulfito são apresentadas a seguir:

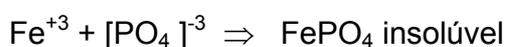


Vantagens	Desvantagens
Controle de produtos químicos	Aumento da salinidade residual
Pode ter controle automático	Ajuste de pH a valores inferiores a 2,5
Controlada pela medida de POR (automatismo)	Necessidade de ventilação dos produtos estocados e dos reatores, devido a exalação de vapores tóxicos de SO ₂
Eficácia comprovada pela grande utilização e atendimento à legislação	O excesso de bissulfito no efluente tratado interfere positivamente na DQO
Baixo custo do tratamento	
Reação muito rápida	

Pelas reações apresentadas 3 g de bissulfito de sódio podem reduzir 1 g de cromo hexavalente. Deve-se considerar o consumo de bissulfito devido à presença de compostos orgânicos oriundos dos banhos da galvanoplastia, o que na prática pode aumentar em até 15 % o consumo do bissulfito.

4.2.5. Precipitação do fósforo

A coagulação química e posteriormente a precipitação do fósforo é o método mais eficaz para a remoção deste nutriente dos esgotos sanitários ou efluentes industriais. Outro processo igualmente eficaz é a eletrocoagulação. Em ambos os casos a reação mais comum ocorre entre o íon férrico e o íon fosfato, com a conseqüente precipitação do fosfato férrico. A reação ocorre também com o íon alumínio, por coagulação ou por eletrocoagulação. A reação entre estes íons está apresentada a seguir:



No caso dos efluentes industriais, quando há clarificação dos efluentes à montante das etapas biológicas de tratamento, ocorre também a remoção do fósforo. Assim esse nutriente fica indisponível para a etapa biológica do processo, sendo necessária a sua adição conforme a proporção com a carga orgânica (relação DBO: N: P).

Pode ocorrer também a precipitação química do fósforo pela reação com o cálcio e o magnésio presentes nos efluentes (dureza).

4.3 Processos biológicos

Os processos biológicos de tratamento reproduzem em escala de tempo e área os fenômenos de autodepuração que ocorrem na natureza.

Os tratamentos biológicos de esgotos e efluentes industriais têm como objetivo remover a matéria orgânica dissolvida e em suspensão, através da transformação desta em sólidos sedimentáveis (flocos biológicos), ou gases (RAMALHO, 1991).

Os produtos formados devem ser mais estáveis, tendo os esgotos ou efluentes industriais tratados um aspecto mais claro, e significativa redução da presença de microorganismos e menor concentração de matéria orgânica.

Os processos de tratamento biológicos têm como princípio utilizar a matéria orgânica dissolvida ou em suspensão como substrato para microorganismos tais como bactérias, fungos e protozoários, que a transformam em gases, água e novos microorganismos.

Os microorganismos, através de mecanismos de produção de exopolímeros (GRADY Jr e LIN, 1980), formam flocos biológicos mais densos que a massa líquida, da qual separam-se com facilidade.

A fração da matéria orgânica transformada em sólidos situa-se na faixa de 6 a 60% (GRADY Jr e LIN, 1980), dependendo de diversos fatores, tais como, o processo adotado e a relação alimento / microorganismos (A/M). A outra parte da matéria orgânica é transformada em gases, notadamente o gás carbônico e/ ou em metano nos sistemas anaeróbios.

Os flocos biológicos em excesso, chamado de excesso de lodo, são retirados dos sistemas de tratamento e submetidos a processos de secagem natural ou mecanizada.

Os esgotos e os efluentes industriais clarificados devido à remoção da matéria orgânica em suspensão (coloidal ou sedimentável) e dissolvida, bem como pela redução da presença de microorganismos, são considerados tratados. O grau de tratamento requerido é função da legislação ambiental, ou seja, das características ou pelo uso preponderante atribuído ao corpo receptor. (FEEMA, 1992). Os principais processos são:

- Lagoas anaeróbias e fotossintéticas;
- Os processos aeróbios são normalmente representados por lodos ativados e suas variantes: aeração prolongada; lodos ativados convencionais; lagoas aeradas facultativas; aeradas aeróbias;
- Os processos facultativos são bem representados pelos processos que utilizam biofilmes (filtros biológicos, biodiscos e biocontactores) e por algumas lagoas (fotossintéticas e aeradas facultativas). Os biocontactores apresentam também processos biológicos aeróbios.
- Os processos anaeróbios ocorrem em lagoas anaeróbias e biodigestores.

4.3.1 Lodos ativados

O processo é fundamentado no fornecimento de oxigênio (ar atmosférico ou oxigênio puro), para que os microorganismos biodegradem a matéria orgânica dissolvida e em suspensão, transformando-a em gás carbônico, água e flocos biológicos formados por microorganismos característicos do processo.

Esta característica é utilizada para a separação da biomassa (flocos biológicos) dos efluentes tratados (fase líquida). Os flocos biológicos formados apresentam normalmente boa sedimentabilidade.

Com a contínua alimentação do sistema pela entrada de efluentes (matéria orgânica), ocorre o crescimento do lodo biológico, sendo esse denominado de excesso de lodo. No caso de concentrações de lodo acima das previstas operacionalmente, o mesmo deve ser descartado.

A eficiência do processo está relacionada com a relação de cargas orgânica afluente (diariamente), e a massa de microorganismos contida no reator (sólidos em suspensão voláteis).

A relação alimento/microorganismo pode ser expressa pela fórmula a seguir:

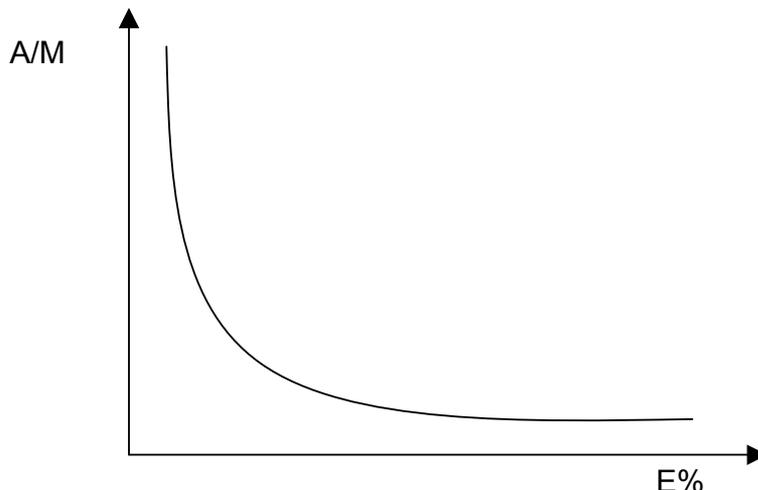
$$\frac{A}{M} = \frac{Q(m^3/d) \times DBO(mg O_2/L)}{SSV(mg/L) \times Volume\ Reator(m^3)} = \frac{kg\ DBO}{kg\ SSV \cdot d}$$

Além da relação A/M é importante também a biodegradabilidade específica dos efluentes.

A formação do lodo biológico é fundamentada na presença de compostos com N, P (nutrientes) e Ca, Mg, S, Fe, Cu, Zn, Cr, Co e Mo (micro-nutrientes).

Supõe-se que sendo o processo aeróbio sempre haverá disponibilidade de oxigênio, sendo recomendadas concentrações na faixa de 0,5 a 2 mgO₂/L.

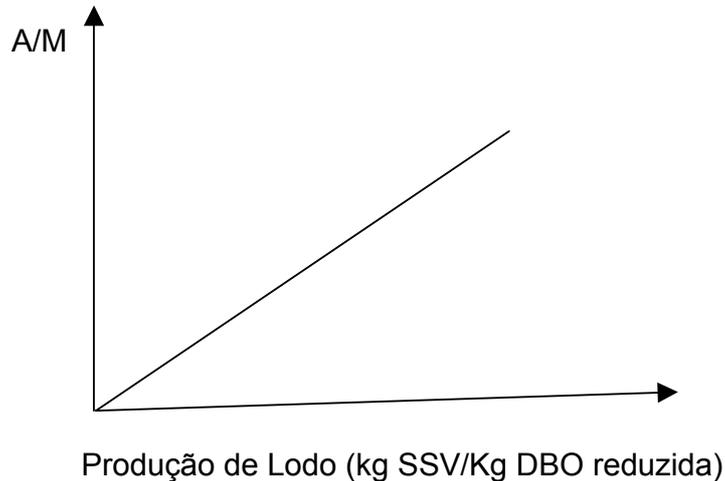
Além dos parâmetros necessários ao controle da relação A/M, é necessário também o controle dos testes de respiração da mistura do tanque de aeração, da relação SSV/ SS (verificação da estabilidade do lodo para descarte) e da concentração de oxigênio dissolvido no tanque de aeração. A análise microscópica do lodo também indica em tempo real as condições operacionais do reator biológico



O processo de lodos ativados é largamente utilizado no mundo em diversas variantes, sendo essas basicamente definidas pelas diferenças entre as: relação

A/M; a disponibilidade de oxigênio; a forma de alimentação dos reatores; as concentrações de biomassa nos reatores; a forma de retenção da biomassa nos reatores.

A produção de lodo está relacionada também com a relação A/M, conforme se pode visualizar no gráfico a seguir:



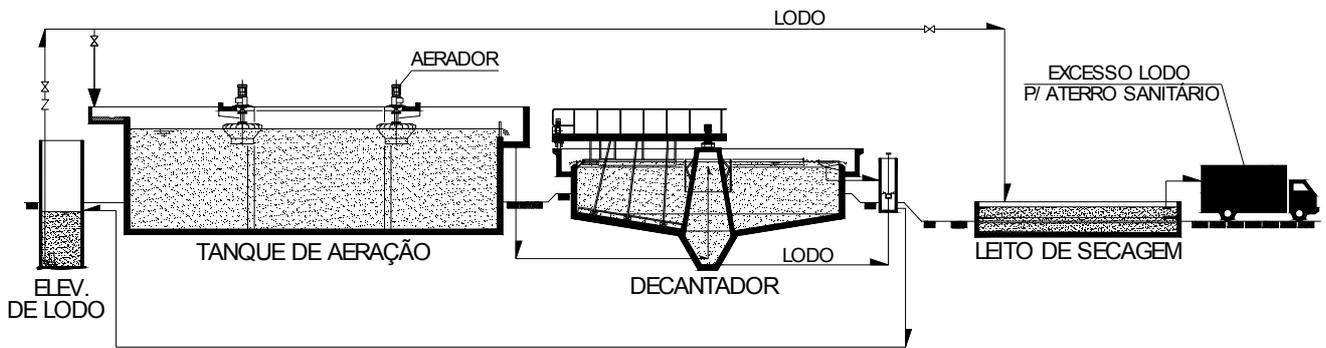
A presença de óleos ou gorduras de quaisquer origens na mistura afluyente ao reator pode significar a intoxicação do lodo biológico com a conseqüente redução de sua atividade.

A seguir estão listadas as principais variantes do processo: lodo ativado convencional; aeração prolongada; valo de oxidação; lodo ativado por batelada; lagoa aerada aeróbia e lagoa aerada facultativa.

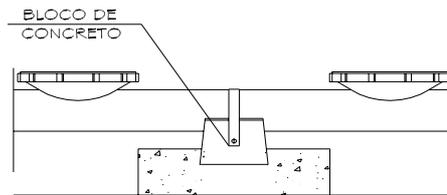
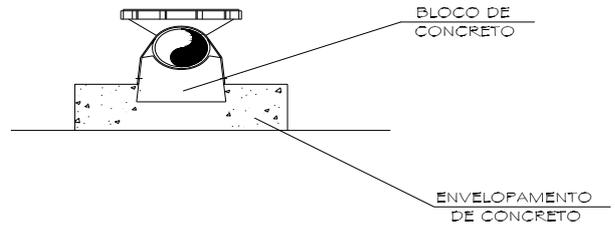
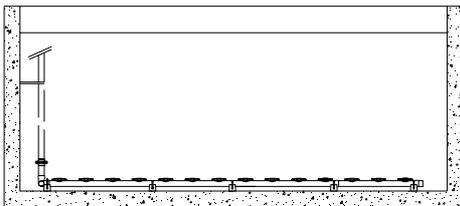
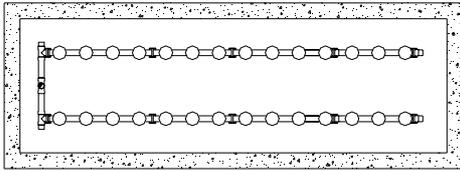
O processo pode ter: alimentação contínua ou por batelada.

A aeração é normalmente realizada por difusores dispostos no fundo do tanque, por aeradores mecânicos de superfície ou injeção de oxigênio puro. A energia requerida é da ordem de 22 a 25 W / m³.

LODOS ATIVADOS COM SECAGEM NATURAL DE LODO



TANQUE DE AERAÇÃO COM MALHA DIFUSORA



Lagoas aeradas aeróbias

Nessas lagoas a aeração é mantida de forma que toda a biomassa esteja uniformemente distribuída pela massa líquida, não ocorrendo por consequência nenhuma sedimentação de lodo nessa lagoa. As lagoas aeradas aeróbias operam como se fossem tanques de aeração de lodos ativados sem reciclo de lodo. A energia requerida é da ordem de $15 \text{ W} / \text{m}^3$.

Essas lagoas são instaladas em série com lagoas de decantação ou lagoas aeradas facultativas.

Lagoas aeradas facultativas

As lagoas aeradas facultativas são projetadas para operar com energias inferiores as das lagoas aeradas aeróbias, ou seja, na faixa de $5 \text{ W} / \text{m}^3$.

Nessas lagoas em uma parte ocorre a suspensão da biomassa e na outra a sedimentação.

4.3.2.Processos facultativos

Biocontactores

O processo é baseado em um biofilme que utiliza um suporte tal como tubos corrugados ou outros que permitem o contato alternado do esgoto ou efluente com o suporte e o ar atmosférico.

Com o contato contínuo ocorre a produção de biomassa. O crescimento da espessura da camada de biofilme inviabiliza a transferência de oxigênio e substrato para os microorganismos na parte interna do suporte. Com a morte dos microorganismos por falta de oxigênio e substrato, o lodo (biomassa) desprende-se em forma de placas ou pequenos flocos que se separam por sedimentação, sendo a fase decantada considerada como efluente tratado.



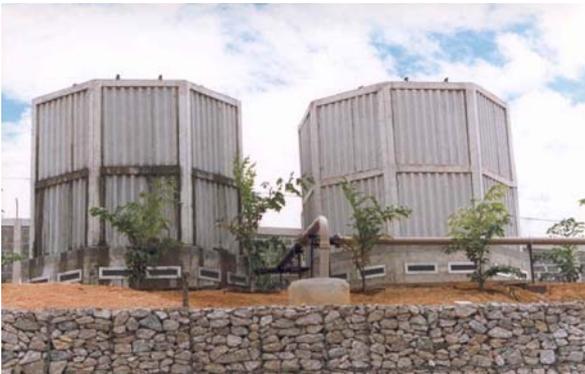
Vista de biocontactores

Biodiscos

Em termos de equipamentos o biodisco se assemelha ao biocontactor, mas neste caso o biofilme é suportado por placas circulares, que giram continuamente acionadas por um moto-reductor. O espessamento da camada do biofilme sobre as placas causa o seu desprendimento e deposição no tanque do biodisco. Ocorre assim a digestão do lodo. Existe também um decantador final, para a remoção dos materiais sedimentáveis. O efluente apresenta aspecto cinzento, semelhante ao dos filtros biológicos.

Filtros biológicos

Este é o mais antigo de todos os processos biológicos utilizados racionalmente para o tratamento de esgotos. A diferença fundamental deste processo para o biodisco é que neste caso o leito é fixo e a distribuição é móvel. A sua grande vantagem é a sua capacidade de amortecimento de cargas orgânicas e a variações de pH. Muitas vezes é utilizado associado a outro processo de tratamento complementar. Nestes casos aproveita-se o baixo custo operacional do processo para uma redução de carga orgânica de aproximadamente 60%, complementando-se a eficiência desejada com um processo de custo mais elevado.



Vista de filtros biológicos instalados em paralelo.

5 PROCESSOS DE DESAGUAMENTO DE LODOS

A parte dos poluentes removida no fim do processo como lodo necessita na maioria dos casos sofrer um tratamento complementar chamado de condicionamento, que pode ser uma digestão aeróbia ou anaeróbia ou um processo físico (adensamento), ou químico (coagulação).

5.1 Adensamento ou espessamento

A concentração de lodo pode ser realizada por gravidade em adensadores ou por flotação, sendo uma etapa prévia, necessária ao condicionamento químico para a secagem mecanizada.

No caso de espessadores estes podem ser operados continuamente ou por batelada.

Os flotores devem ser operados continuamente e se justificam em sistemas de tratamento com grande produção de lodo.

No caso de adensamento por gravidade os parâmetros de projeto são: a taxa de aplicação de carga de sólidos próxima a 50 kg de sólidos/m².d; taxa de aplicação superficial de lodo inferior a 0,75 m³ / m² / h (IMHOFF, 1986).

5.2 Secagem de lodo

Os processos de tratamento de efluentes normalmente geram resíduos sólidos, sejam oriundos das etapas físico-químicas ou biológicas.

A destinação final dos resíduos pressupõe a secagem prévia devido à segurança ambiental para armazenamento, transporte e destino final, bem como em relação aos custos de destinação. A legislação ambiental e as empresas administradoras de aterros de resíduos perigosos não recebem lodos com água livre e ou que apresentem umidade superior a 70%.

Os processos de secagem de resíduos podem ser classificados em naturais ou mecânicos.

A secagem natural pode ser dividida em leitos de secagem ou lagoas de lodo.

A secagem mecânica pode ser dividida em: filtros-prensa e a vácuo, “decanter” centrífugas e prensa desaguadora contínua (“belt press”).

A secagem de qualquer lodo oriundo de estações de tratamento está intimamente ligada às características de hidratação do lodo e ao destino do mesmo.

No caso de lodos originados em tratamentos biológicos pode-se como etapa prévia reduzir a sua massa através de processos de digestão aeróbia ou anaeróbia; neste caso tem-se um aumento de fração de sólidos fixos em relação aos sólidos voláteis. Estes processos são chamados de estabilização dos lodos e tem como objetivos principais: aumentar a concentração de sólidos no lodo; desestabilizar os colóides responsáveis pela hidratação dos lodos; redução de microorganismos patogênicos no lodo.

Antes da etapa final de secagem utiliza-se o adensamento como uma etapa necessária à concentração do lodo originado nos processos biológicos geradores ou utilizados para a sua estabilização.

O condicionamento químico do lodo a ser submetido à secagem mecânica também é muitas vezes necessário seja pela utilização de floculantes (polieletrólitos) ou pela adição de coagulantes (cal ou sais de ferro ou alumínio), mesmo quando tenha ocorrido o condicionamento biológico prévio.

5.3 Secagem natural

Pode ser obtida em lagoas de lodo ou em leitos de secagem. Nos dois casos a secagem é obtida por três fatores: ação dos ventos; temperaturas altas; insolação direta.

A ação dos ventos é o fator mais importante para a secagem do lodo.

As temperaturas mais altas favorecem a formação de vapores de água, acelerando a secagem.

A insolação direta favorece não só o aumento da temperatura do lodo como também os raios solares promovem a degradação dos lodos e a redução de microorganismos.

5.3.1 Lagoas de lodo

A secagem do lodo nas lagoas ocorre de forma lenta, pois normalmente o descarte de lodo é realizado de forma sobreposta. Nestas lagoas ocorre anaerobiose nas camadas inferiores e a presença de algas na camada superior.

Nas lagoas de lodo ocorre o processo de secagem natural por fatores climáticos, bem como pela redução do volume por biodegradação.

5.3.2 Leitos de secagem

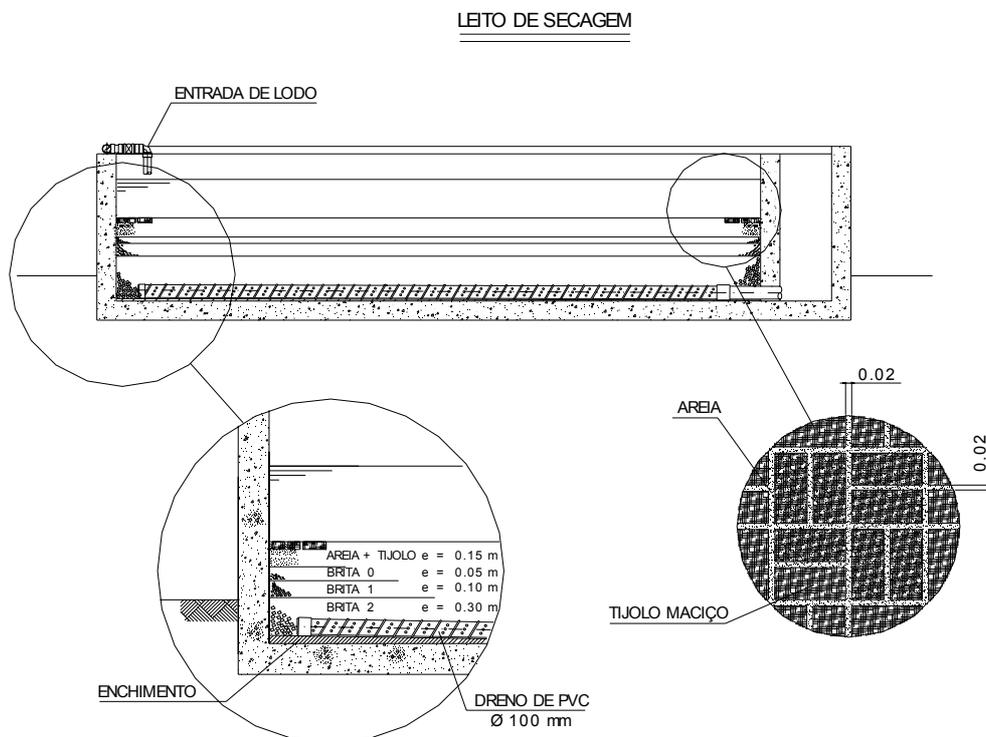
O descarte de lodo para os leitos de secagem deve ser realizado de forma única, ou seja, completando-se a altura máxima da camada de lodo de uma única vez.

A altura de lodo não deve ser superior a 0,25 m, para evitar a formação de uma camada de líquidos sobre o lodo ou mesmo intermediária. Não deve ser aplicado lodo sobre camadas previamente drenadas, pois ocorre a formação de camada líquida estanque. Se houver a formação dessa camada a secagem do lodo torna-se muito lenta, dependendo do balanço hídrico da região, desta forma, se houver a formação da camada de líquido sobre o lodo ou fase intermediária, deve-se drená-la ou sifoná-la.

Após o descarte do lodo para o leito de secagem é iniciada a drenagem do mesmo, que ocorre geralmente entre 24 e 48 h. A redução da altura da camada de lodo é de aproximadamente 60%, ou seja, após a drenagem a altura da camada de lodo úmido será de 0,10 m.

Após a drenagem ou desaguamento, inicia-se o processo de secagem propriamente dito, sendo controlada pela ação dos ventos, insolação direta, temperatura ambiente e características do lodo.

Os leitos de secagem devem ser instalados em locais não sombreados e com paredes laterais não superiores a 0,50 m em relação ao nível dos tijolos. Devem ser evitados obstáculos à boa circulação do ar.



A melhor cobertura para os leitos de secagem é a móvel, que evita a chuva, mas mantém o aproveitamento total do sol. Deve-se também utilizar telhas translúcidas, pois são leves e permitem a passagem de parte da luminosidade.

O leito de secagem é o processo que apresenta o lodo seco com menor percentual de umidade e mais estabilizado. São obtidos teores de sólidos de até 80 %.

Apesar da remoção do lodo seco ser manual, este processo apresenta menor envolvimento com mão de obra que os processos mecanizados.

Como desvantagens temos a maior área necessária. Se for necessária uma área superior a 300 m², deve-se realizar um estudo de viabilidade econômica, pois a partir desta área a secagem mecanizada tem custos de instalação inferiores.



Leito com lodo na etapa final de secagem.

5.4 Secagem mecânica

5.4.1 Filtro á vácuo

São utilizados dois tipos, sendo um que opera com pré-capa e outro que utiliza uma tela que é continuamente limpa.

A vantagem do filtro a vácuo é o teor de sólidos alto, não sendo necessário o condicionamento prévio do lodo. As desvantagens são o alto consumo de energia e a maior quantidade de lodo gerada quando é necessária a formação de pré-capa.

O teor de sólidos varia normalmente na faixa de 15 a 30%.

5.4.2 Prensa desaguadora contínua - "belt press"

A prensa desaguadora é um equipamento atualmente de custo relativo inferior aos dos outros sistemas mecânicos de secagem.

Para sua operação é necessário o condicionamento de lodo, iniciando pelo adensamento, sendo necessária a adição de polieletrólito para a desestabilização dos colóides e a formação de grumos.

O teor de sólidos a ser atingido depende das características do lodo, mas normalmente varia na faixa de 15 a 30%.

A desvantagem em relação aos outros processos mecanizados é o maior consumo de água, necessário para a lavagem das telas.



Vista do início do processo de desaguamento do lodo, por uma prensa.

5.4.3 Centrifugação

O decanter-centrífuga pressupõe também o condicionamento do lodo, sendo necessária a adição de polieletrólito para desestabilização dos colóides e a formação de grumos.

Os teores de sólidos no lodo seco variam na faixa de 15 a 30%. No fim de cada ciclo de operação o decanter-centrífuga deve ser lavado.

5.4.4 Filtro-Prensa

O Filtro-Prensa opera em diversas pressões sendo utilizados diversos tipos de tecidos ou telas. Se forem possíveis a sua reutilização os filtros ou telas filtrantes são de tecido e no caso de serem descartáveis são de papel.

A seleção dos tecidos ou papel é realizada através de testes em filtros piloto e no caso de lodos com características conhecidas, pelos catálogos dos fabricantes.

A desvantagem do filtro-prensa é que o sistema é descontínuo, ou seja, a cada ciclo de operação, o sistema deve ser desligado para a remoção das tortas de

lodo. As operações de desmoldagem e remoção das tortas podem ser automatizadas.

O lodo seco é o que normalmente apresenta o maior teor de sólidos entre os processos mecanizados (aproximadamente 50 %).

6. EQUIPAMENTOS DE PROCESSO

A seguir estão listados os equipamentos mais usuais aplicados em sistemas de tratamento:

Grades de limpeza manual e limpeza mecanizada;
Peneiras estáticas e mecanizadas com escovas;



Tanques de produtos químicos;
Bombas dosadoras;

Flotadores;





Removedores de lodo mecanizados;



Misturadores rápidos;



Aeradores lentos (fixos e flutuantes);



Sopradores de ar e malha difusora;



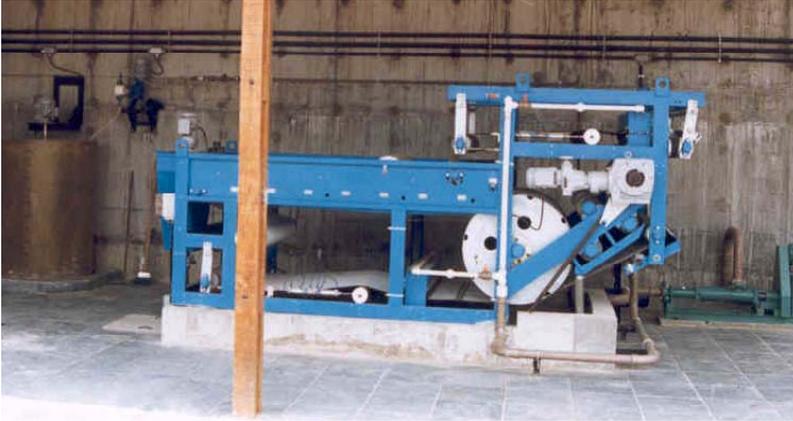
Adensador



Decanter-Centrifugas



Prensas desaguadoras continuas (belt press);



Filtro prensa;



Membranas filtrantes;



Leito de adsorção com resinas de troca iônica.



7.SISTEMAS DE TRATAMENTO DE EFLUENTES LÍQUIDOS

Os sistemas de tratamento são constituídos de etapas (operações unitárias), que objetivam a remoção dos poluentes. Para a remoção dos sólidos grosseiros utilizamos as grades, peneiras, sedimentadores e flotadores. Os sólidos coloidais e dissolvidos são removidos utilizando-se os tratamentos físico-químicos. Os processos biológicos são utilizados para a remoção de matéria orgânica dissolvida ou coloidal.

7.1 Níveis de tratamento

A seguir são descritos os níveis de tratamento (preliminar, primário, secundário e terciário) e suas aplicações (GIORDANO, 1999).

Preliminar - destina-se à remoção de sólidos sedimentáveis grosseiros (areia, terra diatomácea, carvão, pó de pedra e similares), em caixas de areia; sólidos com diâmetros superiores a 1 mm (penas, plásticos, fios e similares), são removidos em peneiras; sólidos com diâmetros superiores a 10 mm podem ser removidos em grades.

O nível preliminar compreende também a remoção por diferença de densidade dos óleos e graxas **livres** em separadores (SA0) de água e óleo (caixas separadoras tipo API, TPI).

Primário - destina-se à remoção de sólidos por sedimentação ou flotação (utilizando-se sedimentadores ou flotadores), ou pela associação de coagulação e floculação química (clarificação físico-química para a remoção de matéria orgânica coloidal ou óleos e gorduras emulsionados).

Nesta etapa são removidos normalmente componentes tóxicos (excesso de detergentes, corantes, amidas, etc), matéria orgânica, gorduras e metais pesados (dissolvidos).

Secundário - destina-se à remoção de matéria orgânica biodegradável dissolvida ou coloidal. Nesta etapa podem ser também removidos os nutrientes: nitrogênio e/ou fósforo.

Terciário - destina-se à melhoria da qualidade dos efluentes tratados pelas remoções de cor residual; turbidez (remoção de colóides, metais pesados, nitrogênio, fósforo, compostos orgânicos refratários aos níveis de tratamento anteriores); e desinfecção do efluente tratado.

7.2 Principais processos de tratamento

Devido à complexidade da composição dos efluentes industriais, são necessárias as associações de diversos níveis de tratamento para a obtenção de efluentes com as qualidades requeridas pelos padrões de lançamento.

A definição do processo de tratamento deve considerar também: custos de investimentos e custos operacionais (energia requerida, produtos químicos, mão-de-obra, manutenção, controle analítico e geração de resíduos), área disponível para a implantação do tratamento, clima, legislação, a classe do corpo receptor, proximidade de residências, direção de ventos, estabilidade do terreno, assistência técnica e controle operacional.

Os processos mais indicados para efluentes da tipologia comum no parque industrial brasileiro estão indicados a seguir (GIORDANO, 1998)

7.2.1 Indústrias alimentícias

Estão indicadas as principais etapas de tratamento que apresentem sucesso operacional.

Bebidas (refrigerantes)

Os efluentes são gerados nas lavagens das salas da xaroparia, linhas de enchimento de latas e garrafas, pisos, descartes de produtos retornados do mercado e esgotos sanitários.

Os efluentes são ricos em açúcares, alguns corantes e outros componentes das bebidas. Os efluentes apresentam também partículas de carvão oriundas da xaroparia e óleos minerais oriundos de vazamentos das máquinas de processo e das oficinas de manutenção.

O pH dos efluentes depende do tipo de embalagem produzida pela indústria. No caso da utilização de soda cáustica para a lavagem de embalagens retornáveis, o efluente é alcalino podendo ser o pH até 12, a DQO é no máximo de 1000 mgO₂/L.

No caso da produção com embalagens descartáveis só são gerados os efluentes das bebidas diluídas ou seja com pH ácido e a DQO pode ser de até 5500 mgO₂/L.

O processo mais usual de tratamento desse efluente é constituído de três etapas:

Preliminar (remoção de areia, separação de água e óleo e peneiramento);

Primário (correção de pH);

Secundário (reator anaeróbio seguido de lodos ativados).

Bebidas (cervejas)

Os efluentes são gerados nas lavagens das salas de fermentação, linhas de enchimento de latas e garrafas, lavagens de pasteurizadores, lavagens de pisos, descartes de produtos retornados do mercado e esgotos sanitários dos funcionários.

Os efluentes são ricos em açúcares (malte e cevada) e outros componentes das cervejas. Os efluentes apresentam também partículas de terras diatomáceas oriundas da filtração do mosto e óleos minerais oriundos de vazamentos das máquinas de processo e das oficinas de manutenção.

O pH dos efluentes é normalmente levemente ácido ou neutro e a DQO é normalmente 2000 mgO₂/L.

O processo mais usual de tratamento desse efluente é constituído de três etapas:

Preliminar (remoção de areia, separação de água e óleo, peneiramento e correção do pH);

Secundário por processo misto anaeróbio e aeróbio. A etapa anaeróbia é composta de biodigestão em duas etapas sendo a primeira constituída por hidrólise ácida e a segunda pela etapa metanogênica. A eficiência complementar é obtida por processos aeróbios compostos por lagoa aerada ou lodos ativados.

Secundário simples, pode ser composto somente de processo aeróbio, no caso os lodos ativados.

Pescado

Os efluentes são gerados em diversas etapas do processamento do pescado, tais como: recepção do pescado, condensação nas câmaras frigoríficas, evisceração, salmoura, acondicionamento em latas, cozimento, adição do óleo, recravamento das latas, lavagens das latas, autoclavagem e lavagens para resfriamento. Além das águas de lavagens do pescado temos também as lavagens de pisos e equipamentos. São incluídos nos efluentes industriais os esgotos sanitários dos funcionários.

Os efluentes industriais são compostos da matéria orgânica oriunda do processamento do pescado, dos produtos utilizados em limpezas e pelo sal das salmouras descartadas.

Os efluentes apresentam pH próximo ao neutro (6,2-7,0), a DQO média de 4300 mgO₂/L, a DBO 1700 mgO₂/L, e os óleos e graxas superiores a 800 mg/L.

O processo de tratamento que há mais de 15 anos tem apresentado sucesso no Brasil e que considera inclusive a sazonalidade da pesca é o processo constituído de três etapas:

Preliminar (peneiramento e equalização): remoção de escamas e pedaços de peixes.

Primário (clarificação físico-química por adição de coagulantes químicos e cloreto férrico, por flotação): remoção de óleos emulsionados, e sólidos coloidais.

Secundário (biodigestão): remoção da matéria orgânica dissolvida em reator anaeróbio.

Abatedouro de aves

Os efluentes são gerados nas lavagens de pisos e das instalações nas seguintes etapas da produção: área de recebimentos das aves; lavagens das caixas utilizadas no transporte; sala de abate; sala de sangria; escaldamento; depenagem mecanizada; evisceramento; resfriamento com gelo; embalagem; congelamento; expedição. São gerados efluentes nas lavagens de gases se houver fabricação de farinhas de aves.

A concentração de matéria orgânica nos efluentes varia de 1000 a 3700 mgO₂/ L em função das quantidades de água utilizadas no processo em relação ao número e peso dos frangos abatidos. É importante saber se o sangue é retirado antes da lavagem da sala de sangria, pois isto pode reduzir a carga orgânica da indústria.

Os processos largamente utilizados no Brasil são constituídos de até três etapas: preliminar, primária e secundária

Preliminar (peneiramento para remoção de penas e vísceras, separação de gorduras);

Secundário (lagunagem - utilizar uma série de lagoas anaeróbia, facultativa e de aguapé).

No caso de não haver espaço disponível para a implantação de lagoas o processo preliminar é complementado com o tanque de equalização, seguido de clarificação físico-química (flotação) e tratamento biológico por lodos ativados.

Obs.: Recomenda-se o aproveitamento do sangue, vísceras e penas na fabricação de farinha de aves (ração).

Abatedouros de bovinos e/ou suínos

Os efluentes são gerados nas seguintes etapas do processo industrial:

- Águas de Banho: São as águas utilizadas para lavar e acalmar os animais antes do abate. Estes efluentes contêm pequena quantidade de esterco e terra.
- Limpeza de pocilgas e currais: A limpeza de currais é semanal de primeiro é feita uma raspagem dos sólidos (esterco), sendo feita após uma lavagem. Os efluentes contêm esterco e terra.
- Lavagem da sala da sangria: A lavagem é contínua e a maior parte do sangue e conseqüentemente da carga orgânica é carregada neste ponto.

- Lavagem de vômito: É feita anteriormente a sala da sangria.
- Lavagem da carcaça: São águas usadas para a limpeza das vísceras e da carcaça. Os efluentes contêm sangue e a maior parte esterco.
- Limpeza dos equipamentos: São águas utilizadas para lavar as instalações do matadouro durante o abate e como limpeza final. São efluentes de maior volume.
- Limpeza da graxaria: Águas de condensação dos digestores e drenagem dos decantadores de graxas.
- Águas de cozimento: são as águas de cozimento da fabricação de embutidos.

O processo técnica e economicamente viável é composto da etapa preliminar com separação de gorduras, sólidos grosseiros (resíduos de carne, estrume, etc.), e lagoas em série (lagoa anaeróbia seguida de lagoa facultativa ou aerada).

A concentração de matéria orgânica nos efluentes se for incluído o sangue e o estrume pode chegar até uma DQO de 12.000 mg O₂/ L. Se o efluente for decantado pode-se reduzir a carga orgânica para até uma DQO de 3000 mg O₂/ L.

Deve-se observar que um abatedouro é uma atividade industrial que deve estar localizada de forma a ter uma área disponível para aplicar o processo de lagoas, objetivando-se reduzir os custos totais de operação e instalação da atividade.

Laticínios

Os efluentes industriais dos laticínios são oriundos das diversas etapas de lavagens de pisos e equipamentos que arrastam resíduos de leite e seus derivados incluindo também produtos de limpeza.

A qualidade dos efluentes varia em função dos produtos industrializados (resfriamento e ensacamento, fabricação de queijos, yogurtes, manteiga, requeijão, leite em pó, etc.), capacidade de produção, "lay-out" industrial, tecnologia utilizada para a higienização das instalações e qualidade do leite utilizado.

A minimização da geração de efluentes pode ser conseguida desde que sejam utilizadas membranas filtrantes com reuso de água e incorporação do rejeito na produção industrial. O tratamento dos efluentes gerados pode ser conseguido através de diversos tipos de processos tais como;

Preliminar (separação de gorduras, utilizando-se caixas de gordura);

Primário: flotação com o auxílio da coagulação química para a remoção de gorduras.

Secundário (lodos ativados, biodigestor, ou lagoas).

É fundamental o aproveitamento do soro do leite, que não deve ser descartado para o efluente.

Os efluentes brutos apresentam uma rápida alteração do pH devido à fermentação láctica, o que deve ser considerado em relação aos materiais empregados na execução do sistema de tratamento.

Os efluentes tratados apresentam concentrações inferiores a 10 mg O₂/ L em relação a DQO. Isto demonstra a excelente biodegradabilidade dos efluentes pois na indústria de laticínios pode-se obter DQO superiores a 7.000 mg O₂/ L no efluente bruto.

7.2.2.Indústrias químicas

Tintas

Existem diversos tipos de tintas tais como: tintas gráficas para impressão em papéis, latas, plásticos; tintas para revestimentos internos e externos base água ou base óleo; tintas automotivas, industriais, navais, etc.

As industrias de tintas podem sintetizar componentes tais como as bases oleosas (sínteses de esmaltes acrílicos, fenólicos, etc.), ou simplesmente misturarem os componentes utilizando moinhos, balanças, misturadores e enchedoras.

Quando as industrias são de simples mistura os efluentes são oriundos de lavagens de equipamentos e da higiene pessoal na área de produção.

Se a industria sintetizar também as bases das tintas existem também as águas de condensação desta etapa do processo que são tóxicas e apresentam elevada carga orgânica. Os pigmentos são orgânicos, ditos não tóxicos e os inorgânicos compostos por óxidos de metais pesados.

O tratamento dos efluentes dessas industrias são os compostos por processos físico-químicos, e na maioria dos casos são completados por processos biológicos aeróbios. O objetivo desses tratamentos é reduzir a carga orgânica , a carga tóxica associada e a concentração de metais pesados. As etapas mais comuns são:

Preliminar (equalização);

Primário (clarificação físico-química por adição de coagulantes químicos ou eletrocoagulação e sedimentação/ flotação);

Secundário (lodos ativados).

Obs. As eficiências do tratamento são variáveis, dependendo das concentrações iniciais dos efluentes brutos.

Têxteis

As indústrias têxteis têm abrangência desde a produção dos fios sejam sintéticos ou naturais beneficiados, até a produção dos tecidos ou produtos finais.

A produção envolve diversas etapas incluindo diversos tratamentos químicos. Os efluentes têxteis são ricos em produtos químicos variados incluindo os corantes naturais e os sintéticos.

Os processos de tratamento objetivam clarificar os efluentes e reduzir a toxicidade inerente aos produtos químicos utilizados, a carga orgânica, os detergentes e a cor oriunda da mistura de corantes aplicados. As etapas de tratamento estão indicadas a seguir:

Preliminar (peneiramento para a remoção de fios e equalização);
Primário (eletrocoagulação).

Normalmente são utilizados processos de coagulação química e flotação, seguido de lodos ativados.

Petroquímicas

Os efluentes petroquímicos são compostos de resíduos de petróleo de diversas origens, seus derivados e produtos químicos utilizados no processamento de refino ou beneficiamento. Existe também a presença de poluentes originados no próprio petróleo (fenóis, metais pesados, hidrocarbonetos, etc.), ou originados no transporte (sais das águas de lastro).

Os processos de tratamento objetivam reduzir a carga orgânica, sua toxicidade inerente, a carga oleosa incluindo óleos emulsionados, a presença de compostos nitrogenados, etc. As etapas normalmente encontradas em instalações petroquímicas são:

Preliminar (remoção de areia e separação de água e óleo);
Secundário (lagoas aeradas ou lodos ativados).

Pode ser necessária também a introdução de um tratamento de nível primário para a clarificação físico-química dos efluentes (remoção de óleos emulsionados, metais pesados, sulfetos e compostos orgânicos tóxicos). Nesse caso recomenda-se a utilização de flotores a ar dissolvido ou ejetado.

Farmacêuticas

Os efluentes são gerados em indústrias de síntese ou de misturas. Os efluentes de síntese apresentam altas concentrações de matéria orgânica, sais e toxicidade. A presença de compostos aromáticos ou cíclicos, nitrogenados e que apresentam cor residual também é freqüente.

A indústria de misturas produz efluentes muito semelhantes aos seus produtos diluídos, pois preponderantemente são originados nas lavagens de pisos das áreas de produção, equipamentos e tanques de processo. Os processos de tratamento objetivam normalmente a correção de pH, a remoção da carga orgânica, e eventualmente a redução de cor. Alguns efluentes contendo antibióticos também necessitam serem desativados antes do processo biológico de tratamento, pois afetam a eficiência do mesmo. Os processos são normalmente compostos das seguintes etapas:

Primário (correção de pH);
Secundário (lodos ativados).

Reciclagem de papéis

Estes efluentes são gerados na produção da massa de papel e sua reciclagem (águas de lavagens das máquinas de forma). Os efluentes podem ser completamente reciclados.

Primário (clarificação físico-química por flotação, para a remoção de fibras), sendo os efluentes e a massa de papel, reusados no processo.

Galvanoplastia

Os efluentes são gerados nas lavagens de peças após a imersão nos banhos o que ocasiona o arraste destas substâncias gerando os efluentes. Desta forma todas as substâncias presentes nos banhos estarão presentes nos efluentes em concentrações diferenciadas. Os efluentes são tóxicos, necessitando-se remover metais pesados, cianetos e a correção do pH. As etapas de tratamento são:

Primário (processo químico de tratamento composto de oxidação de cianetos, redução de cromo hexavalente e precipitação de metais pesados).
Terciário (polimento com resina de troca iônica).

Pode-se reduzir a vazão dos efluentes desde que seja feito o reuso com a utilização de resinas de troca iônica.

7.3 Reuso de água na indústria

O reuso de efluentes tratados, para fins não potáveis tem sido cada vez mais aceito. A viabilidade desta alternativa tem sido comprovada. Enquanto o tratamento de efluente convencional tem como objetivo natural atender aos padrões de lançamento a motivação para o reuso é a redução de custos e muitas vezes a assecuração do abastecimento de água.

A primeira etapa a ser definida é a especificação da qualidade da água requerida. Deve ser compatibilizada a vazão a ser reutilizada com a vazão do efluente tratado.

Para implantar um sistema de reuso, deve-se complementar o sistema de tratamento de efluentes existente. A complementação do tratamento tem como objetivo garantir a qualidade do efluente tratado com a do uso a que estiver destinado.

Deve-se lembrar sempre que ao se decidir pelo reuso simplesmente, deixa-se de lançar um efluente tratado no corpo receptor produzindo água, geralmente consumida no setor de utilidades. Isto inclui a estação de tratamento de efluentes definitivamente no processo industrial.

A implantação do reuso é feita com a instalação de unidades necessárias ao polimento, tais como: sistemas de filtração em membrana; oxidação química; desinfecção; etc.

Os casos de poluição térmica são os mais conhecidos casos de reuso, pois é necessário somente realizar o resfriamento da água para o fechamento do circuito. É importante ressaltar que águas em circuito fechado necessitam de tratamento específico.

O tratamento biológico dos efluentes seguido de ultrafiltração em membranas possibilita o reuso dos efluentes industriais ou sanitários tratados. Nesses casos a melhor reutilização é para sistemas de resfriamento.

Há casos nos quais uma simples filtração é suficiente, retornando a água para alguma etapa do processo.

No caso das indústrias de reciclagem de papéis não somente a água é reusada como também o lodo gerado (massa de papel), é reaproveitado na fabricação. Neste caso o próprio tratamento de clarificação por flotação é suficiente para atender a qualidade do processo industrial, que utiliza essas águas para a limpeza das telas das máquinas. Neste caso a reposição é necessária para compensar a água evaporada no processo de secagem dos papéis.

7.4. Monitoramento dos efluentes industriais

A obtenção da característica físico-química dos efluentes industriais permite a comparação com os padrões da legislação ambiental e quando associados com as suas vazões permite também o cálculo da carga poluidora industrial. As análises dos efluentes nas estações de tratamento permitem o cálculo das suas eficiências.

Os parâmetros representativos para caracterizar um efluente são sempre relacionados com o processo industrial estudado. No item 2 comentamos a legislação ambiental e no item 3 temos os significados sanitários de cada parâmetro. A partir desse conhecimento podemos estabelecer um programa de caracterização ou um programa de monitoramento da ETEI.

No caso de dimensionamento de uma ETEI realizamos previamente um programa de monitoramento denominado de “Estudo de Caracterização dos Efluentes”. Esse estudo tem como objetivo obter as características físico-químicas e suas vazões. Os resultados devem servir para comparação com a legislação ambiental e atender ao órgão fiscalizador como também serem úteis para o projetista.

As características de um efluente só serão evidenciadas se o período de coleta for suficiente para demonstrar a variabilidade tanto da composição quanto das vazões. Isto é mais importante se a indústria operar sazonalmente, tais como; indústrias têxteis devido à moda; indústrias de frutas devido à safra; indústrias de cosméticos devido às estações do ano, etc.

Para fins de monitoramento de estações de tratamento devemos estabelecer programas que sejam representativos do processo de tratamento adotado, ou seja dos objetivos, das operações unitárias instaladas e dos parâmetros de projeto adotados. Alguns parâmetros são indicados para atendimento à legislação sem que sejam estritamente necessários à operação da ETEI.

As estações podem ser monitoradas de forma global entre os pontos do efluente bruto e do efluente tratado, ou incluindo-se a eficiência das etapas. No caso de se incluir o controle das etapas do tratamento, não é necessário o controle de todos os parâmetros em todas as suas etapas.

O monitoramento da ETEI tem primordialmente o objetivo do controle operacional e conseqüentemente o atendimento à legislação.

8 BIBLIOGRAFIA

AMERICAN PUBLIC HEALTH ASSOCIATION (APHA), AMERICAN WATER WORKS ASSOCIATION, WATER ENVIRONMENT FEDERATION. Standard Methods for the examination of water and wastewater. 20^a ed., WASHINGTON, D.C.: APHA, AWWA, WEF, 1998, 1157p.

CETESB – Cia. de Tecnologia de Saneamento Ambiental. Nota Técnica sobre tecnologia de controle – Abate de bovinos – NT-12. São Paulo, 1986, 19 p.

CETESB – Cia. de Tecnologia de Saneamento Ambiental. Nota Técnica sobre tecnologia de controle – Indústria de laticínios – NT-17. São Paulo, 1990, 20 p.

CETESB – Cia. de Tecnologia de Saneamento Ambiental. Nota Técnica sobre tecnologia de controle – Indústria Têxtil – NT-22. São Paulo, 1992, 31 p.

CETESB – Cia. de Tecnologia de Saneamento Ambiental. Nota Técnica sobre tecnologia de controle – Indústria de pigmentos – NT-32. São Paulo, 1995, 29 p.

ECKENFELDER Jr, W.W., “Water Pollution Control”; Jenkins book publishing co., Austin and New York ,1970.

FEEMA – FUNDAÇÃO ESTADUAL DE ENGENHARIA DO MEIO AMBIENTE. Coletânea de legislação federal e estadual de meio ambiente. Rio de Janeiro, 1992, 384p.

GIORDANO, G. Avaliação ambiental de um balneário e estudo de alternativa para controle da poluição utilizando o processo eletrolítico para o tratamento de esgotos. Niterói – RJ, 1999. 137 p. Dissertação de Mestrado (Ciência Ambiental) Universidade Federal Fluminense, 1999.

GIORDANO, G. Análise e formulação de processos para tratamento dos chorumes gerados em aterros de resíduos sólidos urbanos. Rio de Janeiro – RJ, 2003. 257 p. Tese de Doutorado (Engenharia Metalúrgica e de Materiais) PUC-Rio, 2003.

GRADY Jr, C.P.L. e Lin, H.C. Biological wastewater treatment, Pollution engineering and technology, New York: Marcel Decker, inc, 1980, 963p.

IMHOFF, K.R. e Karl. Manual de tratamento de águas residuárias. São Paulo: Editora Edgard Blücher Ltda, 1986, 301p.

METCALF & EDDY – Wastewater Engineering: Treatment and Reuse. 4^a ed. Boston: Mc Graw Hill, 2003, 1819 p.

RAMALHO, R.S. Tratamiento de aguas residuales. Barcelona: Editorial Reverté S.A., 1991, 705 p.

SAWYER C.N., McCarty P.L, PARKIN, G.F. "Chemistry for Environmental Engineering and Science" – 5^a edition - International Editions; Mc Graw - Hill Higher Education, Boston (USA) 2004.

ANEXO
LEGISLAÇÃO SOBRE EFLUENTES LÍQUIDOS

Legislação do Estado do Rio de Janeiro

DZ-205 R.5 – Diretriz de controle de carga orgânica em efluentes líquidos de origem industrial

Limites para Demanda Química de Oxigênio – DZ-205 R.05

Indústrias químicas e petroquímicas: < 250 mg/L

Fabricação de Produtos Farmacêuticos e Veterinários (exclusive unidades de fabricação de antibióticos por processo fermentativo): < 150 mg/L

Fabricação de antibióticos por processo fermentativo: < 300 mg/L

Fabricação de bebidas (cervejas, refrigerantes, vinhos, aguardentes, exclusive destilarias de álcool): <150 mg/L

Fabricação de tintas, vernizes, esmaltes, lacas, impermeabilizantes, secantes e resinas/massas plásticas: < 300 mg/L

Curtume e processamento de couros e peles: < 400 mg/L

Operações unitárias de tratamento de superfícies (efetuadas em indústrias dos gêneros: metalúrgico, siderúrgico, mecânico, material de transporte, material elétrico, eletrônico e de comunicações, editorial e gráfico, material plástico, borracha, aparelhos, instrumentos e materiais fonográficos, fotográficos e ópticos): < 200 mg/L

NT-202 R.10 – Critérios e padrões para lançamento de efluentes líquidos
 Padrões para lançamento de efluentes líquidos – NT-202 R.10

Parâmetro	Limite
pH	5,0 –9,0
Temperatura	Inferior a 40 C ⁰
Materiais Sedimentáveis	1,0 mL/L
Materiais Flutuantes	Virtualmente ausente
Óleos e Graxas Minerais	20 mg/L
Óleos e Graxas Vegetais	30 mg/L
Alumínio Total	3,0 mg/L
Arsênio Total	0,1 mg/L
Bário Total	5,0 mg/L
Boro Total	5,0 mg/L
Cádmio Total	0,1 mg/L
Chumbo Total	0,5 mg/L
Cobalto Total	1,0 mg/L
Cobre Total	0,5 mg/L
Cromo Total	0,5 mg/L
Estanho Total	4,0 mg/L
Ferro Solúvel	15,0 mg/L
Manganês Solúvel	1,0 mg/L
Mercurio Total	0,01 mg/L
Níquel Total	1,0 mg/L
Prata Total	0,1 mg/L
Selênio Total	0,05 mg/L
Vanádio Total	4,0 mg/L
Zinco Total	1,0 mg/L
Amônia	5,0 mg/L
Cloro Ativo	5,0 mg/L
Cianetos	0,2 mg/L
Índice de Fenóis	0,2 mg/L
Fluoretos	10,0 mg/L
Sulfetos	1,0 mg/L
Sulfitos	1,0 mg/L
Pesticidas organofosforados e Carbamatos	0,1 mg/L (por composto)
Pesticidas organofosforados e Carbamatos (somatório dos pesticidas analisados individualmente)	1,0 mg/L
Hidrocarbonetos alifáticos halogenados voláteis, tais como: 1,1,1 – Tricloroetano; Dicloroetano; Tricloroetano e Tetracloroetileno	0,1 mg/L (por composto)
Hidrocarbonetos alifáticos halogenados Voláteis Totais	1,0 mg/L
Hidrocarbonetos halogenados não listados acima tais como: pesticidas e ftalo-ésteres	0,05 mg/L (por composto)
Hidrocarbonetos halogenados totais, excluindo os hidrocarbonetos alifáticos halogenados voláteis	0,5 mg/L
Sulfeto de Carbono	1,0 mg/L
Substâncias tensoativas que reagem ao azul de metileno	2,0 mg/L
Fósforo Total	1,0 mg/L
Nitrogênio Total	10,0 mg/L

NT-213 R.4 – Critérios e padrões para controle da toxicidade em efluentes líquidos industriais

Padrões para lançamento de efluentes líquidos – NT-213 R.04

Não é permitido o lançamento de efluentes líquidos industriais, em qualquer corpo receptor, com um número de unidades de toxicidade superior a 8 (oito), obtido em testes de toxicidade aguda realizados com peixes *Brachydanio Rerio*.

Excetuando-se os rios classificados na classe 4 (quatro), de acordo com a Resolução CONAMA n° 20/86, de 18 de Junho de 1986, não é permitido o lançamento contínuo, em rios de efluentes líquidos industriais com um número de unidades de toxicidade aguda do efluente acima do valor considerando-se como seu limite superior a valor 8 (oito) e inferior o valor 2 (dois).

DZ-942 R.7 – Diretriz do programa de autocontrole de efluentes líquidos – PROCON-ÁGUA

Tabela de medições e freqüência de amostragem – DZ-942 R.07

Parâmetros	Vazão (m ³ /dia)			
	Até 100	100 a 1000	1000 a 10000	Acima de 10000
pH ⁽²⁾	7/7	7/7	7/7	7/7
Temperatura	7/7	7/7	7/7	7/7
Condutividade	1/7	2/7	7/7	7/7
Cloretos	1/30	1/15	1/7	1/7
Resíduos Sedimentáveis	1/7 ⁽³⁾	1/7 ⁽³⁾	7/7 ⁽³⁾	7/7 ⁽³⁾
	1/7	1/7	7/7	7/7
Res. Não Filtrável Total	1/7 ⁽³⁾	1/7 ⁽³⁾	7/7 ⁽³⁾	7/7 ⁽³⁾
	1/15	1/7	1/7	2/7
Res. Não Filtrável Volátil	1/7 ⁽³⁾	2/7 ⁽³⁾	2/7 ⁽³⁾	7/7 ⁽³⁾
	1/15	1/7	1/7	2/7
Oxigênio Dissolvido	1/7 ⁽³⁾	1/7 ⁽³⁾	7/7 ⁽³⁾	7/7 ⁽³⁾
Óleos e Graxas	1/7 ⁽⁴⁾	1/7 ⁽⁴⁾	2/7 ⁽⁴⁾	7/7 ⁽⁴⁾
	1/15	1/7	1/7	2/7
DBO (Afluente/Efluente)	1/15 ⁽⁵⁾	1/15 ⁽⁵⁾	1/7 ⁽⁵⁾	1/7 ⁽⁵⁾
	1/30 ⁽⁶⁾	1/30 ⁽⁶⁾	1/15 ⁽⁵⁾	1/7
DQO (Afluente/Efluente)	1/7 ⁽⁵⁾	1/7 ⁽⁵⁾	1/7 ⁽⁵⁾	7/7
	1/15 ⁽⁶⁾	1/7 ⁽⁶⁾	1/7 ⁽⁶⁾	-
Metais	1/15	1/7	1/7	2/7
Índice de Fenóis	1/15	1/7	1/7	2/7
Fenóis	1/15	1/7	1/7	2/7
Sulfetos	1/15	1/7	1/7	1/7
Fluoreto	1/15	1/7	1/7	1/7
Sulfato	1/30	1/30	1/15	1/15
Surfactantes	1/15	1/7	2/7	2/7
Cloro Residual	1/7	2/7	7/7	7/7
Nitrogênio Amoniacal	1/15	1/15	1/7	1/7
Nitrogênio Nitrito	1/15	1/15	1/7	1/7
Nitrogênio Total	1/15	1/15	1/7	1/7
Fósforo Total	1/30	1/30	1/15	1/7
Compostos Orgân. Tóxicos	1/30	1/30	1/15	1/15
Toxicidade	1/30	1/30	1/30	1/15
Coliformes Fecais	1/7	1/7	1/7	7/7

Freqüência: 7/7= diária

1/7= semanal

2/7= 2 vezes por semana

1/15= quinzenal

1/30= mensal

- (2) Controle nos Afluentes e Efluentes.
- (3) Tanque de aeração de sistemas de tratamento por lodos ativados.
- (4) Indústrias cuja atividade principal envolva o refino de petróleo, produtos similares, fabricação de sabão, coque, ferro, aço e indústrias mecânicas e navais.
- (5) Indústria com sistema de tratamento biológico de efluentes.
- (6) Indústria dotada somente de sistema de tratamento físico-químico.

Legislação do Estado de Minas Gerais

Deliberação Normativa nº 10/86 – Estado de Minas Gerais

Estabelece normas para qualidade de águas, lançamento de efluentes nas coleções de águas, e dá outras providências.

A Comissão de Política Ambiental – COPAM, no uso das atribuições que lhe confere o Art. 5º, item 1, da Lei nº 7.772, de 08 de setembro de 1980:

Considerando a necessidade de reformular e consolidar as normas e padrões para qualidade das águas estaduais e para o lançamento de efluentes nas coleções de águas:

E tendo em vista as inovações introduzidas na matéria pela Resolução nº 20, de 18 de junho de 1986, do Conselho Nacional do Meio Ambiente, Resolve:

Lançamento de Efluentes nas coleções de Águas

Art. 12 – 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.

Parágrafo Único – A utilização de águas de classe especial para o abastecimento doméstico, deverá ser submetida a uma inspeção sanitária preliminar.

Art. 13 – Nas águas das classes 1 a 4 serão tolerados lançamentos de despejos, desde que, além de atenderem ao disposto no Art. 15 desta Deliberação Normativa, não venham a fazer com que os limites estabelecidos para as respectivas classes sejam ultrapassados;

Art. 14 – Não será permitido o lançamento de poluentes nos mananciais sub-superficiais.

Art. 15 – Os efluentes de qualquer fonte poluidora somente poderão ser lançados, direta ou indiretamente, nos corpos de água, desde que obedeçam às seguintes condições:

- a) pH entre 6,5 e 8,5 (+/- 0,5)
- b) Temperatura: inferior a 40^oC, sendo que a elevação de temperatura do corpo receptor não deverá exceder a 3^oC;
- c) Materiais Sedimentáveis: até 1 ml/litro em teste de 1 hora em cone de Imhoff. Para o lançamento em lagos e lagoas, cujas velocidades 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 e graxas minerais até 20 mg/L
 - Óleos e graxas vegetais e gorduras animais até 50 mg/L;
- f) Ausência de materiais flutuantes;
- g) DBO'S dias a 20 °C: no máximo de 60 mg/L (este limite só poderá ser ultrapassado no caso do sistema de tratamento de águas residuárias reduzir a carga poluidora de efluente, em termos de DBO'S dias a 20^oC do despejo, em, no mínimo de 85%);
- h) DQO – no máximo de 90 mg/L;
- i) Sólidos em Suspensão:
 - Uma concentração máxima diária de 100 mg/L
 - Uma concentração média aritmética mensal de 60 mg/L;
- j) Valores máximos admissíveis das seguintes substâncias:

Amônia: 5,0 mg/L N
Arsênio Total: 0,2 mg/L As
Bário: 5,0 mg/L Ba
Boro: 5,0 mg/L B
Cádmio: 0,1 mg/L Cd
Cianetos: 0,2 mg/L
Chumbo: 0,1 mg/L Pb
Cobre: 0,5 mg/L Cu
Cromo Hexavalente: 0,5 mg/L Cr

Ferro Solúvel: 10,0 mg/L Fe
Fluoretos: 10,0 mg/L F
Manganês Solúvel: 1,0 mg/L Mn
Mercúrio: 0,01 mg/L Hg
Metais Tóxicos Totais: 3,0 mg/L
Níquel: 1,0 mg/L Ni
Prata: 0,1 mg/L Ag
Selênio: 0,02 mg/L Se
Sulfetos: 0,5 mg/L S

Cromo Trivalente: 1,0 mg/L Cr
Estanho: 4,0 mg/L Sn
Índice de Fenóis: 0,2 mg/L C₆H₅OH

Sulfitos: 1,0 mg/L SO₃
Zinco: 5,0 mg/L Zn

Legislação do Estado de Goiás

Decreto nº 1.745 de 06 de Dezembro de 1979 – Estado de Goiás

Seção II

Dos padrões de emissão

Art. 21 – Os efluentes de qualquer natureza somente poderão ser lançados nas águas interiores, superficiais ou subterrâneas situadas no território do Estado desde que não sejam considerados poluentes na forma estabelecida no artigo 3º deste regulamento.

Parágrafo Único – A presente disposição aplica-se aos lançamentos feitos diretamente, por fonte de poluição, ou indiretamente através de canalizações públicas ou privadas, bem como de outro dispositivo de transporte, próprio ou de terceiros.

Art. 22 – Os efluentes de qualquer fonte poluidora somente poderão ser lançados, direta ou indiretamente, nas coleções de água desde que obedeçam às seguintes condições:

I - pH entre 6,5 e 8,5 (+/- 0,5)

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

III – Materiais sedimentáveis até 1,0 mg/L em teste de uma hora em “Cone Imhoff”

IV – Substâncias Solúveis em hexana até 100 mg/L.

V – DBO 5 dias, 20°C no máximo de 60 mg/L. Este somente poderá ser ultrapassado no caso de efluentes de sistema de tratamento de águas residuárias que reduz a carga poluidora em termos de DBO 5 dias, 20°C do despejos em no mínimo 80%.

VI – Concentrações máximas dos seguintes parâmetros:

- | | |
|---|-------------------------|
| a) Arsênio – 0,2 mg/L | k) Fluoreto – 10,0 mg/L |
| b) Cádmio – 0,2 mg/L | l) Mercúrio – 0,01 mg/L |
| c) Chumbo – 0,5 mg/L | m) Níquel – 2,0 mg/L |
| d) Cianeto - 0,2 mg/L | n) Prata – 0,1 mg/L |
| e) Cobre – 1,0 mg/L | o) Selênio – 0,2 mg/L |
| f) Cromo Hexavalente – 0,5 mg/L | p) Sulfeto – 50,0 mg/L |
| g) Cromo Total – 5,0 mg/L | q) Zinco – 5,0 mg/L |
| h) Estanho – 4,0 mg/L | |
| i) Ferro Solúvel (Fe ⁺) – 30,0 mg/L | |
| j) Fenol – 5,0 mg/L | |

VII – Outras substâncias potencialmente prejudiciais, em concentrações máximas a serem fixadas, para cada caso, a critério da FEMAGO;

VII – Regime de lançamento contínuo de 24 horas por dia, com vazão horária média.

§ 1º – Além de obedecerem aos limites deste artigo, os efluentes não poderão conferir ao corpo receptor características em desacordo com o enquadramento deste, na classificação das águas.

§ 2º – Na hipótese de fonte de poluição geradora de diferentes despejos ou emissões individualizadas, os limites constantes desta regulamentação aplicar-se-ão a cada um destes, ou ao conjunto após a mistura, a critério da FEMAGO.

§ 3º – Em casos de efluentes com mais de uma substância potencialmente prejudicial, a FEMAGO poderá reduzir aos respectivos limites individuais.

Art. 23 – Os efluentes de qualquer fonte poluidora somente poderão ser lançados em sistema público de esgoto provido de estação de tratamento, se obedecerem às seguintes condições:

I – pH entre 5,0 e 9,0;

II – Temperatura inferior a 40 °C;

III – Materiais Sedimentáveis abaixo de 10 ml/L em prova de sedimentação de 1 hora com “Cone Imhoff”;

IV – Substâncias solúveis em hexana inferiores a 100 mg/L;

V – Concentrações máximas dos seguintes parâmetros:

- | | |
|---|-------------------------|
| k) Arsênio – 0,2 mg/L | r) Fluoreto – 10,0 mg/L |
| l) Cádmio – 0,2 mg/L | s) Mercúrio – 0,01 mg/L |
| m) Chumbo – 0,5 mg/L | t) Níquel – 2,0 mg/L |
| n) Cianeto - 0,2 mg/L | u) Prata – 0,1 mg/L |
| o) Cobre – 1,0 mg/L | v) Selênio – 0,2 mg/L |
| p) Cromo Hexavalente – 0,5 mg/L | w) Sulfeto – 50,0 mg/L |
| q) Cromo Total – 5,0 mg/L | x) Zinco – 5,0 mg/L |
| r) Estanho – 4,0 mg/L | |
| s) Ferro Solúvel (Fe ⁺) – 30,0 mg/L | |
| t) Fenol – 5,0 mg/L | |

VI – Outras substâncias potencialmente prejudiciais em concentrações máximas a serem fixadas, para cada caso, a critério da FEMAGO.

VII – Regime de lançamento contínuo de 24 horas por dia com variação máxima de 50% da vazão horária média.

VIII – Águas pluviais em qualquer quantidade;

IX – Despejos que causem ou possam causar obstrução na rede ou interferência na própria operação do sistema de esgotos.

§ 1º – Para os sistemas públicos de esgotos desprovidos de estação de tratamento, serão aplicáveis os padrões de emissão previstos no art. 18, a critério da FEMAGO.

§ 2º – No caso de óleos biodegradáveis de origem animal ou vegetal, o valor fixado no inciso IV deste artigo poderá ser ultrapassado, fixado ao FEMAGO o seu valor para cada caso, ouvido o órgão responsável pela operação do sistema local de tratamento de esgotos.

§ 3º – Na hipótese de fonte de poluição geradora de diferentes despejos individualizados, os limites constantes desta regulamentação aplicar-se-ão, a cada um deles, ou ao conjunto após mistura, critério da FEMAGO.

§ 4º – A vazão e respectiva carga orgânica, a serem recebidas pelos sistemas públicos de esgotos, ficam condicionadas à capacidade dos sistemas existentes.

Legislação do Estado de São Paulo

Lei n° 997 de 31 de maio de 1976 – Estado de São Paulo

Dispõe sobre o controle da poluição do meio ambiente

O Governador do Estado de São Paulo.

Faço saber que, nos termos dos §§ 1º e 3º do artigo 24 da Constituição do Estado (Emenda n° 2 (*), de 30 de Outubro de 1969), promulgo a seguinte Lei:

Seção II

Dos padrões de emissão

Art. 18 – Os efluentes de qualquer fonte poluidora somente poderão ser lançados, direta ou indiretamente, nas coleções de água, desde que obedeçam às seguintes condições:

I – pH entre 5,0 e 9,0;

II – Temperatura inferior a 40°C;

III – Materiais Sedimentáveis até 1,0 ml/L em teste de uma hora em “Cone Imhoff”;

IV – Substâncias solúveis em hexana até 100 mg/L;

V – DBO 5 dias, 20°C no máximo de 60 mg/L;

Este limite somente poderá ser ultrapassado no caso de efluente de sistema de tratamento de águas residuárias que reduza a carga em termos de DBO 5 dias, 20°C do despejo em no mínimo 80%;

VI – Concentrações máximas dos seguintes parâmetros:

- | | |
|---------------------------------|---|
| a) Arsênio – 0,2 mg/L | k) Fenol – 0,5 mg/L |
| b) Bário – 5,0 mg/L | l) Ferro Solúvel (Fe ⁺) – 15,0 mg/L |
| c) Boro – 5,0 mg/L | m) Fluoretos – 10,0 mg/L |
| d) Cádmio – 0,2 mg/L | n) Manganês Solúvel (Mn ⁺) – 1,0 mg/L |
| e) Chumbo – 0,5 mg/L | o) Mercúrio – 0,01 mg/L |
| f) Cianeto – 0,2 mg/L | p) Níquel – 2,0 mg/L |
| g) Cobre – 1,0 mg/L | q) Prata – 0,02 mg/L |
| h) Cromo Hexavalente – 0,1 mg/L | r) Selênio – 0,02 mg/L |
| i) Cromo Total – 5,0 mg/L | s) Zinco – 5,0 mg/L |
| j) Estanho – 4,0 mg/L | |

Portaria nº 01/89 -SSMA

Referente a critérios e padrões de emissão de efluentes líquidos

A presente norma técnica estabelece critérios e padrões de emissão de efluentes líquidos de acordo com o artigo 26 inciso II da Lei nº 2.498 de Janeiro de 1981; artigo II do Regulamento sobre Promoção, Proteção e Recuperação da Saúde Pública (Lei nº 6.501 de 22 de dezembro de 1972); Regulamentado pelo Decreto nº 23.430, de 24 de outubro de 1974 e, ainda o artigo 15 de Resolução CONAMA nº 20, de 18 de junho de 1996. Os critérios e padrões aqui estabelecidos serão observados por todas as fontes poluidoras que lancem seus efluentes líquidos nos corpos d'água interiores do Estado do Rio Grande do Sul.

5 – Padrões de Emissão

6.1 – Padrões Gerais

Os efluentes líquidos das fontes poluidoras somente poderão ser lançados nos corpos d'água direta ou indiretamente, desde que obedeçam as seguintes condições:

6.1.1 – Parâmetros Gerais

6.1.1.1 – Temperatura - < 40°C

6.1.1.2 - Cor – não deve conferir mudança de coloração acentuada no corpo receptor, no ponto de lançamento.

6.1.1.3 – Odor – Livre de odor desagradável.

6.1.1.4 – Espumas – Ausentes.

6.1.1.5 – Materiais Flutuantes – Ausentes

6.1.1.6 – Sólidos Sedimentáveis.

6.1.1.7 – pH – entre 6,0 e 8,0.

6.1.1.8 – Dureza - ≤ 200 mg/L CaCO₂

6.1.1.9 – Óleos e Graxas: Vegetal ou Animal - ≤ 300 mg/L
Mineral – 10 mg/L

6.1.1.10 – Coliformes fecais - ≤ 300 NMP/100 ml.

6.1.2 – Concentração Máxima

6.1.2.1 – Fenóis – 0,1 mg/L

6.1.2.2 – Fluoretos – 10 mg/L

6.1.2.3 – Fósforo Total – 1,0 mg/L

6.1.2.4 – Nitrogênio Total – 10 mg/L

6.1.2.5 – Sulfetos – 0,2 mg/L

6.1.2.6 – Alumínio – 10 mg/L

6.1.2.7 – Bário – 5,0 mg/L Ba

6.1.2.8 - Boro – 5,0 mg/L B

6.1.2.9 – Cobalto – 0,5 mg/L Co

6.1.2.10 – Estanho – 4,0 mg/L

6.1.2.11 – Ferro – 10 mg/L Fe

6.1.2.12 – Lítio – 10 mg/L Li

6.1.2.13 – Manganês – 2,0 mg/L

6.1.2.14 – Molibdênio – 0,5 mg/L

6.1.2.15 – Vanádio – 1,0 mg/L

6.1.2.16 – Arsênio – 0,1 mg/L As

6.1.2.17 – Cádmio – 0,1 mg/L Cd

6.1.2.18 – Chumbo – 0,5 mg/L Pb

6.1.2.19 – Cianetos – 0,2 mg/L Cn

6.1.2.20 – Cobre – 0,5 mg/L Cu

6.1.2.21 – Cromo Hexavalente – 0,1 mg/L Cr

6.1.2.22 – Cromo Total – 0,5 mg/L Cr

6.1.2.23 – Mercúrio – 0,01 mg/L Hg

6.1.2.24 – Níquel – 1,0 mg/L Ni

6.1.2.25 – Prata – 0,1 mg/L Ag

6.1.2.26 – Selênio – 0,05 mg/L Se

6.1.2.27 – Zinco – 1,0 mg/L Zi

6.1.2.28 – Compostos Organofosforados e Carbamatos – 0,1 mg/L

6.1.2.29 – Surfactantes – 2,0 mg/L

6.1.2.30 – Outras Substâncias/Elementos – Os limites para cada caso específico serão fixados pelo Departamento do Meio Ambiente.

6.1.3 – O lançamento de efluentes que contem cargas orgânicas ou sólidos suspensos obedecerá aos seguintes critérios sendo:

DBO₅: Demanda Bioquímica de Oxigênio em 5 dias,
20 °C
DQO: Demanda Química de Oxigênio
SS: Sólidos Suspensos

6.1.3.1 – Fontes Poluidoras Existentes

Vazão (m³/dia)	DBO (20 °C) (mg/L)	DQO (20 °C) (mg/L)	SS (mg/L)
Q < 20	≤ 200	≤ 450	≤ 200
20 ≤ Q < 200	≤ 150	≤ 450	≤ 150
200 ≤ Q < 1000	≤ 120	≤ 360	≤ 120
1000 ≤ Q < 2000	≤ 80	≤ 240	≤ 80
2000 ≤ Q < 10000	≤ 80	≤ 200	≤ 70
10000 ≤ Q	≤ 40	≤ 160	≤ 50

6.1.3.2 – Fontes Poluidoras serem implantadas

Vazão (m³/dia)	DBO (20 °C) (mg/L)	DQO (20 °C) (mg/L)	SS (mg/L)
Q < 200	≤ 120	≤ 360	≤ 120
200 ≤ Q < 1000	≤ 80	≤ 240	≤ 80
1000 ≤ Q < 2000	≤ 60	≤ 200	≤ 70
2000 ≤ Q < 10000	≤ 40	≤ 160	≤ 50
10000 ≤ Q	≤ 20	≤ 100	≤ 40

6.2 – Padrões Gerais

6.2.1 – As fontes poluidoras localizadas em áreas críticas de poluição por metais pesados ou em um corpo d'água referidos no item 3.4.2 ou ainda, que apresentem vazão igual a 200 m³/dia, terão a aplicação de um fator de 0,9 sobre as concentrações arroladas nos itens 6.1.2 e 6.1.2.27.

6.2.2 – Em estabelecimento com vazão inferior a 10 m³/dia poder-se-á aplicar um fator de 1,1 nas concentrações dos metais arrolados nos itens 6.1.2.16 e 6.1.2.27.

6.2.3 – As fontes poluidoras que se localizam em áreas críticas de poluição por matéria orgânica ou em corpos d'água referidos no item 3.4.2 terão a aplicação de um fator de 0,9 nas concentrações das substâncias/elementos arrolados nos itens 6.1.3.1 e 6.1.3.2.

6.2.4 – os efluentes, além de obedecerem aos padrões de emissão da presente Norma Técnica, não deverão conferir ao corpo receptor, características em desacordo com os critérios e padrões de qualidade da água, adequadas aos diversos usos benéficos para o corpo d'água.

Legislação Federal

Resolução CONAMA n° 20, de 18 de Junho de 1996

O CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE – CONAMA, no uso de suas 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 n° 003, de 5 de junho de 1984;

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

- a) pH entre 5 e 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 m/litro em teste de 1 hora em cone Imhoff. Para o lançamento em lagos e lagoas, cuja velocidade de circulação seja praticamente nulas, 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	0,5 mg/L As
Bário	5,0 mg/L Ba
Boro Total	5,0 mg/L B
Cádmio Total	0,2 mg/L Cd
Chumbo Total	0,5 mg/L Pb
Cianetos	0,2 mg/L CN
Cobre Total	1,0 mg/L Cu
Cromo Hexavalente	0,5 mg/L Cr
Cromo Trivalente	2,0 mg/L Cr
Estanho Total	4,0 mg/L Sn

Ferro Solúvel	15,0 mg/L Fe
Fluoretos	10,0 mg/L F
Índice de Fenóis	0,5 mg/L C ₆ H ₅ OH
Manganês Solúvel	1,0 mg/L Mn
Mercúrio Total	0,01 mg/L Hg
Níquel Total	2,0 mg/L Ni
Prata Total	0,1 mg/L Ag
Selênio Total	0,05 mg/L Se
Sulfetos	1,0 mg/L S
Sulfitos	1,0 mg/L SO ₃
Zinco	5,0 mg/L Zn

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

h) Tratamento especial, se provirem de hospitalar e outros estabelecimentos nos quais haja despejos infectados com microorganismos patogênicos.