



**McLeod Ferreira**

Consultoria Técnica e Comercial S/C Ltda.

---

# **TRATAMENTO DE EFLUENTES DE LABORATÓRIOS**

Eng<sup>o</sup> José Antonio Monteiro Ferreira



**McLeod Ferreira**

Consultoria Técnica e Comercial S/C Ltda.

---

**ÍNDICE**

<b>A.</b>	<b>EMISSÕES ATMOSFÉRICAS</b>	
1.	<b>Introdução</b>	1
2.	<b>Poluição Atmosférica</b>	3
3.	<b>Efeitos da Poluição do Ar</b>	5
4.	<b>Métodos de Depuração de Gases</b>	6
4.1	Tipos de contaminantes industriais	7
4.2	Processos de depuração	7
4.3	Equipamentos de separação de partículas	9
4.4	Equipamentos de eliminação de gases	11
<b>B.</b>	<b>EFLUENTES LÍQUIDOS</b>	
1.	<b>Os Corpos Receptores</b>	1
2.	<b>Controle da Poluição</b>	1
3.	<b>Consequências da Contaminação das Águas</b>	3
4.	<b>Alternativas de Tratamento</b>	4
4.1	Processos físico-químicos	5
4.2	Processos biológicos	8
<b>C.</b>	<b>RESÍDUOS SÓLIDOS</b>	
1.	<b>Introdução</b>	1
2.	<b>Destino dos Resíduos</b>	1
3.	<b>Fluxograma para Classificação dos Resíduos Sólidos</b>	3
4.	<b>Legislação</b>	4



**McLeod Ferreira**

Consultoria Técnica e Comercial S/C Ltda.

---

## **A - EMISSÕES ATMOSFÉRICAS**



## 1. INTRODUÇÃO

Um adulto ingere em média por dia 1,5 kg de alimentos, 2 litros de água e 28 Kg de ar, podendo viver cinco semanas sem comer, cinco dias sem beber e cinco minutos sem respirar. Para sobreviver o homem destrói a natureza e deteriora as condições ambientais, produzindo os dois mais graves problemas da atualidade.

### **Necessidades biológicas do homem**

	L de ar/min	L de ar/dia	Kg de ar/dia
Descansando	7,4	10600	12
Trabalho leve	12,8	40400	45
Trabalho pesado	43	62000	69

Se o homem pode ficar apenas cinco minutos sem respirar, isto significa que somos obrigados a respirar o ar disponível – poluído ou não.

Um ar poluído pode causar danos agudos: irritação das mucosas do aparelho respiratório, tosse, mal-estar geral, dores de cabeça, irritações oculares, envenenamento e até mesmo a morte. Entre os efeitos crônicos (a longo prazo) incluem-se a asma, bronquite, enfisema e outras doenças alérgicas. Pode ser ainda uma causa de câncer nas vias respiratórias. Tudo isso apenas no que se refere à saúde humana.

Com relação à ecologia, ar é também fundamental para animais, vegetais, bactérias, etc.

“Certas zonas de São Paulo, Tóquio e Detroit concentram os maiores índices de poluição do planeta”. “Em maio de 1969 os astronautas da Apollo 10 reconheceram Los Angeles a 40.000 Km de altura, graças a uma enorme mancha de sujeira sobre a região”. Estas citações mostram a situação que enfrentamos em nossos dias.

O problema de poluição do ar trouxe sérias conseqüências à saúde dos seres humanos quando a grande concentração de pessoas, em cidades, passou a se utilizar em ordem cada vez mais crescente, de combustíveis industriais ou veículos automotores.

A grande quantidade de indústrias e o aumento do número de veículos contribuíram como fator decisivo para o agravamento da poluição do ar nas grandes cidades do mundo, com uma gama enorme de gases e partículas lançadas na atmosfera. Por isso, os problemas de poluição do ar nas cidades são grandes, pois enormes quantidades de poluentes estão constantemente sendo lançadas no ar, não permitindo que estes sejam convenientemente dispersos.



**McLeod Ferreira**

Consultoria Técnica e Comercial S/C Ltda.

---

Com um aumento de concentrações de gases nocivos e partículas na atmosfera, não há condições de espalhamento, e o ar se torna nocivo às pessoas, ou seja, quando não existe a autodepuração do ar, este passa a ser prejudicial ao bem-estar e à saúde.

Cerca de 100 milhões de pessoas em cidades latino-americanas respiram um ar que não atende aos padrões de qualidade estabelecidos pela OMS – Organização Mundial de Saúde. Outras 123 milhões, nos Estados Unidos e Canadá, sofrem com um ar que não alcança os níveis de qualidade estabelecidos pela legislação desses países.

Na Região Metropolitana de São Paulo, as ações de controle exercidas pela CETESB – Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental promoveram o decréscimo das concentrações de poluentes a partir de 1997, mas ainda permanecem acima dos padrões legais. A principal fonte é os veículos que, no caso do monóxido de carbono, lançam uma carga de 1.691,2 mil toneladas por ano, excedendo o padrão de qualidade, especialmente no inverno. Também no caso do ozônio, os padrões são freqüentemente ultrapassados.



## 2. POLUIÇÃO ATMOSFÉRICA

### O Que é a Poluição Atmosférica

A poluição atmosférica significa a presença no ar de um ou mais contaminantes ou combinação em tais quantidades e em tal duração que sejam ou venham a ser perniciosas ao homem, plantas, vida animal ou à propriedade.

### Formas de Poluição

- **Aerossol:** Dispersão de sólido ou líquido de dimensões microscópicas em meio gasoso, tais como fumaça ou neblina.
- **Poeira:** Um termo usado de forma bastante ampla aplicado a partículas sólidas predominantemente maiores que as de um colóide e capazes de se manter em suspensão temporária no ar ou outros gases. As poeiras não têm tendência a flocular sob a ação de forças eletrostáticas, não difundem, porém sedimentam sob a ação da gravidade.
- **Gotículas:** Partículas pequenas de líquido que dependendo de suas dimensões e densidade podem precipitar em condições de tranquilidade, porém podem permanecer suspensas em condições turbulentas.
- **Cinzas volantes (Fly-Ash):** Partículas finamente subdivididas de cinza arrastadas durante a combustão. As partículas podem conter combustível mal queimado.
- **“Fog” (Neblina):** Um termo um tanto vago aplicado a aerossóis visíveis na qual a fase dispersa é líquida. A formação por condensação está usualmente implícita.
- **Fumos:** Propriamente, são partículas sólidas geradas pela condensação do estado gasoso, geralmente após a fusão de substâncias acompanhadas por uma reação química, tal como oxidação.
- **Gás:** Um dos três estados da matéria, não tem volume ou forma independentemente e pode expandir-se quase indefinidamente.
- **“Mist”:** Termo vago aplicado para dispersões de baixa concentração de partículas de líquido de grande dimensão. Aproxima-se à nossa garoa.
- **Fumaça:** Aerossol de partículas finamente divididas resultante de combustão incompleta. Consiste principalmente de carbono e outros materiais combustíveis.
- **Fuligem:** Aglomeração de partículas de carbono impregnado com “alcatrão”, formado da combustão incompleta de material carbonoso.
- **Vapor:** Fase gasosa de material normalmente líquido ou sólido.



### **Efeitos Globais da Poluição Atmosférica**

A atmosfera formou-se de gases saindo do interior do globo, em particular vapor de água e dióxido de carbono. O oxigênio formou-se da decomposição do vapor de água permanecendo na superfície e o hidrogênio difundindo-se para o espaço. Algum oxigênio acumulou-se na atmosfera superior formando a camada de ozônio. É esta camada que filtra uma boa parte dos raios ultravioletas contidos na radiação solar, antes de atingir a superfície do planeta.

A fotossíntese das plantas, resultantes da evolução, auxiliou na formação do oxigênio a partir do dióxido de carbono presente na atmosfera.

O nitrogênio ao que se deduz evoluiu do centro da terra e foi se acumulando. A presença dos grandes depósitos de carvão evidencia o provável crescimento acelerado de vegetação.

Na atmosfera atual, a região mais baixa é chamada de troposfera e a região de temperatura em decréscimo forma a tropopausa que é a fronteira entre a troposfera e a estratosfera. Tem cerca de 12 quilômetros.

A estratosfera é uma região devido a absorção do ozona, com temperatura constante ou de temperatura crescente com a altitude. Tem cerca de 50 quilômetros de altura. Os poluentes que ali entram, devido à distribuição uniforme de temperatura, permanecem mais estáticos.

A terra recebe  $2 \text{ cal/cm}^2\text{-min}$ , (valor conhecido como constante solar) e cerca de  $1,5 \text{ cal/cm}^2\text{-min}$  atinge a terra nas zonas temperadas. Qualquer interferência no meio de transferência afeta a distribuição de energia.



## McLeod Ferreira

Consultoria Técnica e Comercial S/C Ltda.

### 3. OS EFEITOS DA POLUIÇÃO DO AR

Poluente	Efeito
Monóxido de Carbono CO	<ul style="list-style-type: none"><li>▪ Inibe a capacidade do sangue em trocar oxigênio com os tecidos vitais, podendo em concentrações extremas provocar morte por envenenamento.</li><li>▪ Afeta principalmente o sistema cardiovascular e o sistema nervoso.</li><li>▪ Concentrações elevadas são suscetíveis de gerar tonturas, dores de cabeça e fadiga.</li></ul>
Gás Carbônico CO <sub>2</sub>	<ul style="list-style-type: none"><li>▪ Parceiro do metano no efeito estufa, apenas quando está em temperaturas acima de 50°C, pois não pode ser convertido em O<sub>2</sub> pela fotossíntese das plantas.</li><li>▪ Pode ser asfixiante somente quando ocupar o lugar do oxigênio. Por ser mais pesado que o ar (CNTP) se acumula próximo ao solo.</li></ul>
Metano CH <sub>4</sub>	<ul style="list-style-type: none"><li>▪ Gás incolor que, quando misturado ao oxigênio numa temperatura acima de 67°C, forma uma mistura detonante. Como todos os hidrocarbonetos leves (gás de cozinha), possui os mesmos riscos de explosões e toxicidade.</li><li>▪ É considerado atualmente o responsável pelo efeito estufa, mais poderoso que o gás carbônico.</li><li>▪ Pode reagir com compostos de cloro (em determinadas condições) formando clorometanos, trihalometanos, perigosos à saúde humana.</li></ul>
Dióxido de Nitrogênio NO <sub>2</sub>	<ul style="list-style-type: none"><li>▪ Altas concentrações podem provocar problemas do trato respiratório, como doenças respiratórias.</li><li>▪ É um poluente acidificante, envolvido em fenômenos como as chuvas ácidas que atacam quimicamente algumas estruturas, como materiais metálicos, bem como tecidos vegetais.</li></ul>
Dióxido de Enxofre SO <sub>2</sub>	<ul style="list-style-type: none"><li>▪ Altas concentrações podem provocar problemas no trato respiratório, especialmente em grupos sensíveis como asmáticos.</li><li>▪ É um poluente acidificante (chuvas ácidas).</li></ul>
Ozônio O <sub>3</sub>	<ul style="list-style-type: none"><li>▪ É um poderoso oxidante. Pode irritar o trato respiratório, provocando dificuldades respiratórias (p.ex. impossibilidade de respirar fundo, inflamações brônquicas ou tosse).</li><li>▪ É o principal constituinte do smog fotoquímico associado a diversos sintomas em grupos sensíveis com crianças, doentes cardiovasculares e/ou do trato respiratório, e idosos.</li><li>▪ É apontado como o principal responsável por perdas agrícolas e danos na vegetação.</li></ul>
Materiais Particulados	<ul style="list-style-type: none"><li>▪ São um dos principais poluentes em termos de efeitos na saúde humana, particularmente as partículas inaláveis, que penetram no sistema respiratório, danificando-o.</li><li>▪ Têm sido associados ao aumento de doenças respiratórias, como bronquite asmática.</li><li>▪ Podem ser responsáveis pela diminuição da troca gasosa em espécies vegetais.</li><li>▪ Danificam o patrimônio construído, especialmente tintas.</li></ul>



**McLeod Ferreira**

Consultoria Técnica e Comercial S/C Ltda.

---

#### **4. MÉTODOS DE DEPURAÇÃO DE GASES**

O crescimento acelerado industrial, observado nestes últimos anos, nos indica conseqüentemente, um aumento na quantidade de emissões de diversos produtos, elementos e compostos na atmosfera. Assim, a tendência da criação de pólos industriais em áreas definidas, não afasta o crescimento de áreas urbanas, que podem se instalar nas proximidades das primeiras.

Como conseqüência imediata, as emissões de poluentes têm alcançado limites alarmantes, ultrapassando os previstos na legislação pertinente.

A prevenção da contaminação atmosférica se resume em duas medidas:

- Alterar a formação de contaminantes
- Impedir seu lançamento na atmosfera

A formação dos produtos contaminantes é um fenômeno suscetível de se evitar, em certas ocasiões, mediante uma atuação adequada sobre o processo gerador. Pode-se sugerir algumas medidas como:

- Substituição das matérias-primas empregadas
- Modificação nos equipamentos
- Modificação nos processos
- Modificação nos procedimentos



## McLeod Ferreira

Consultoria Técnica e Comercial S/C Ltda.

---

### 4.1 Tipos de Contaminantes Industriais

Os principais poluentes presentes na atmosfera, de acordo com os seus estudos físicos, podem ser classificados em dois grandes grupos:

- Partículas sólidas e líquidas
- Gases e vapores

O tamanho das partículas, normalmente, oscila entre  $10^{-2}$  e  $10^{-3}$   $\mu$  m, sendo que 30% delas estão entre  $10^{-1}$  e  $10^{-2}$   $\mu$  m. As partículas maiores de 10  $\mu$  m são produzidas nos processos mecânicos, como erosão, moenda, etc...

Os contaminantes gasosos possuem um tamanho entre  $10^{-3}$  e  $10^{-5}$   $\mu$  m.

### 4.2 Processos de Depuração

A separação dos contaminantes pode ser efetuada com diversos mecanismos, empregados isoladamente ou em conjunto.

Para as partículas sólidas ou líquidas, o processo é do tipo físico onde não há variação de natureza química, enquanto que para os gases, o processo pode implicar modificações em sua natureza.

#### 4.2.1 Separação de partículas

Os principais mecanismos são os seguintes:

##### **Gravidade**

As partículas sólidas e líquidas de tamanho elevado (maior que 50  $\mu$  m), podem sedimentar, se for diminuída a velocidade da corrente gasosa que as envolve.

##### **Inércia**

Esse fenômeno é utilizado para se modificar a linha de progressão da corrente gasosa, onde se consegue uma separação completa.



## **McLeod Ferreira**

Consultoria Técnica e Comercial S/C Ltda.

---

### **Força Centrípeta**

Através da centrifugação, modifica-se a linha de progressão das partículas, de forma circular.

### **Precipitação Eletrostática**

A separação é feita através da carga elétrica do contaminante e posteriormente através de um campo elétrico que o desvia e o obriga a sedimentar.

### **Difusão Browniana**

É considerado um caso especial de interceptação, onde a colisão das partículas com o obstáculo se deve à energia que as moléculas gasosas transmitem, como resultado dos choques produzidos em consequência do movimento browniano. Só é viável em caso de partículas de tamanho extraordinariamente pequeno.

### **Deposição Ultra-sônica**

Os ultra-sons favorecem as colisões e aglomerações das partículas. Com isso, o aumento de tamanho tornará melhor a separação. É considerado um processo auxiliar e não propriamente um mecanismo efetivo.

## **4.2.2 Separação de Gases**

São aplicadas as seguintes técnicas:

### **Absorção**

Trata-se de um processo de transferência de matéria entre um gás e um líquido, em que o contaminante pode reagir com o líquido absorvente ou dissolver-se nele.

### **Adsorção**

Neste caso a transferência se faz entre um gás e um sólido e como regra geral, não há reação química.

### **Combustão**

Quando os contaminantes são oxidáveis, recorre-se à combustão para eliminá-los.



## **Redução Catalítica**

De certo modo é uma técnica inversa à da combustão. Esta transformação se faz com catalisadores, geralmente do tipo metálico.

### **4.3 Equipamentos de Separação de Partículas**

Pode-se classificar esses equipamentos em dois grupos:

- Secos: ciclones, filtros, separadores eletrostáticos, etc.
- Úmidos: lavadores, torres de enchimento, etc.

Outras classificações podem ser:

#### **Separação por Gravidade**

Os equipamentos consistem de uma câmara de grandes dimensões, na qual ocorre a sedimentação das partículas maiores por perderem a velocidade. Pode-se reduzir essas dimensões utilizando uma série de superfícies (obstáculos) para aumentar, inclusive, sua eficácia, porém, a limpeza se torna mais difícil.

As câmaras de sedimentação são pouco empregadas devido a sua baixa eficiência e necessidade de grandes espaços. Por seu custo baixo e funcionamento simples, podem ser utilizadas como equipamento prévio de limpeza montadas em série com equipamento de maior rendimento.

#### **Separação por Inércia**

Estes equipamentos funcionam imprimindo uma mudança brusca de direção da corrente gasosa, o que determina a separação das partículas.

Eles tem uma forma geométrica similar à das câmaras de sedimentação. As câmaras de desvios obrigam a corrente efetuar uma mudança de direção para poder ultrapassar um obstáculo situado estrategicamente. Como as partículas maiores tendem a conservar sua direção, chocam-se nele, perdem velocidade e se depositam.

As câmaras de “persianas” possuem no seu interior um sistema de placas que formam uma espécie de persiana com pequenos interstícios.



**McLeod Ferreira**

Consultoria Técnica e Comercial S/C Ltda.

---

### **Separação por força centrípeta**

Os equipamentos baseados neste mecanismo recebem o nome genérico de ciclones.

É um artifício mecânico que obriga a corrente gasosa percorrer uma trajetória helicoidal. A força centrípeta gerada impulsiona as partículas contra a parede do aparelho e em seguida elas caem, se separando da corrente.

### **Separação por Filtração**

Os filtros são mecanismos de impactação direta, onde as partículas de tamanho superior à dos interstícios, ficam retidos.

### **Separação por Lavagem**

Também são equipamentos de impacto direto, em que o meio separador é formado por gotas de líquido, cuja função é somente mecânica.

A colisão das partículas com o meio líquido pode se efetuar de vários modos, o mais utilizado sendo o tipo venturi.

A corrente gasosa atravessa uma “garganta” de seção mínima onde se submete a uma pulverização de água.

### **Separação por Forças Eletrostáticas**

Os precipitadores eletrostáticos são utilizados em casos em que o tamanho das partículas é muito pequeno e necessita-se de rendimentos de depuração elevados.

Podem ser classificados em depuradores secos ou úmidos.

Nos primeiros, as partículas se separam dos eletrodos, ao serem golpeadas com martelos ou vibradores.

Nos segundos as placas coletoras se lavam de tal forma que o líquido arrasta os contaminantes depositados.



#### **4.4 Equipamentos de Eliminação de Gases**

##### **De Absorção**

São constituídos, fundamentalmente, por um espaço físico limitado adequadamente, onde se produz a transferência da fase gasosa para a fase líquida. Este espaço, ou zona de contato, deve ter a forma de coluna, podendo admitir outras variantes.

Quando se deseja que a superfície de contato seja maior, se empregam colunas de enchimento de diversos materiais, que se resume em uma maior perda de carga na corrente gasosa.

O líquido receptor deve estar constituído de tal modo que os gases retidos possam reagir quimicamente com alguns de seus componentes, o que determina que a velocidade de absorção aumente sensivelmente.

##### **De Adsorção**

Esse sistema é constituído fundamentalmente por diversas formas de torres ou colunas, que contém um sólido adsorvente, através da qual passa a corrente gasosa e ficam retidas as partículas.

Os meios adsorventes possuem uma elevada porosidade e área superficial. Os materiais mais utilizados são carvão ativado, bauxita, etc.

##### **De Combustão**

Incineradores são mais complicados pois seu desenho deve ser feito com as máximas precauções devido aos perigos que um mau funcionamento possa causar. São aconselháveis quando as concentrações de contaminantes estão dentro dos limites de inflamabilidade.

##### **De Redução Catalítica**

Quando os contaminantes apresentam um estado máximo de oxidação, pode-se recorrer à redução catalítica, onde existe um processo de combustão. No interior de um reator ou coluna encontra-se o catalisador. Quando a corrente passa por ele, a reação catalítica destrói os contaminantes. Os catalisadores mais utilizados são os metais nobres, como o paládio em suportes do tipo cerâmico.



**McLeod Ferreira**

Consultoria Técnica e Comercial S/C Ltda.

---

## **B - EFLUENTES LÍQUIDOS**



## **1. OS CORPOS RECEPTORES**

Os cursos de água, após receberem uma carga de água poluidora, sofrem modificações em suas características, mas tendem a restabelecer as condições existentes antes do lançamento dos esgotos.

Esta recuperação é conhecida como autodepuração dos cursos d'água. Autodepuração de um curso é, então, a capacidade do curso d'água de receber uma certa carga poluidora, eliminando-a gradativamente ao longo de seu curso, mediante ações naturais.

É evidente que existe um certo limite na carga poluidora a ser lançada ao corpo receptor, desejando-se que o nível mínimo de oxigênio dissolvido (ponto crítico) esteja acima de um dado valor. Caso as necessidades de oxigênio do esgoto lançado sejam muito altas, todo o oxigênio dissolvido do corpo receptor será consumido, e, no ponto crítico teremos ausência de oxigênio dissolvido. Esta situação, dependendo da carga poluidora, pode se prolongar por um longo trecho do rio ou mesmo por todo o seu percurso, o que seria bastante indesejável.

A carga poluidora vai depender da vazão de esgoto lançado e da demanda bioquímica de oxigênio deste esgoto (o que vai determinar a necessidade total de oxigênio a ser consumido). A capacidade de autodepuração vai depender do teor de oxigênio dissolvido do corpo receptor antes do lançamento, da vazão do corpo e da taxa de aeração (o que dá o total de oxigênio disponível para suprir as necessidades da carga poluidora).

## **2. CONTROLE DA POLUIÇÃO**

Quando se deseja que o nível mínimo de oxigênio dissolvido no ponto crítico se mantenha acima de um determinado limite, pode-se adotar duas soluções: aumentar artificialmente o teor de oxigênio dissolvido na zona de degradação ativa (onde se situa o ponto crítico) ou diminuir a carga poluidora.

A primeira solução é obtida pela aeração artificial dos cursos d'água, utilizando dispositivos artificiais de aeração, notadamente antieconômicos e de difícil controle.

A segunda é obtida através do tratamento de esgoto, reduzindo a demanda bioquímica de oxigênio até um nível compatível com as condições do corpo receptor.

Para se atingir este fim existem diversos processos de tratamento, que oferecem distintos graus de eficiência. Em geral mede-se o grau de tratamento oferecido por um determinado processo através da eficiência de reação de demanda bioquímica de oxigênio, ou seja, da porcentagem da demanda bioquímica de oxigênio do esgoto afluente que foi removida pelo tratamento.



## McLeod Ferreira

Consultoria Técnica e Comercial S/C Ltda.

---

A finalidade do tratamento de esgotos é, portanto, proteger o corpo receptor dos efeitos da poluição. Tal proteção deve ser feita basicamente pelas seguintes razões:

### Razões de Saúde Pública

Para evitar que a população das regiões de jusante adquira doenças de veiculação hídrica, através de contaminação direta (banho, lavagem de roupa, etc.) ou indireta (irrigação de verduras, abastecimento de água, etc.) De acordo com o 19º Congresso Brasileiro de Engenharia Sanitária e ambiental (Setembro 1997), para cada R\$ 1,00 investido em saneamento básico há uma economia de R\$ 4,00 na área de Saúde Pública.

### Razões Ecológicas

Para manter no corpo receptor, condições favoráveis à vida animal e vegetal, evitando a degradação do meio ambiente.

### Razões Econômicas

A água é um bem natural utilizado em inúmeras atividades econômicas (água potável para abastecimento, água para consumo industrial, irrigação, pesca, etc.). Um elevado grau de poluição pode torná-la imprestável para certos usos, ou obrigar um tratamento de água muito caro. Só para exemplificar, os grandes consumidores pagam mais de R\$ 4,00/m<sup>3</sup> em São Paulo.

### Razões Estéticas ou de Conforto

Prejuízos para o turismo, mau aspecto, mau cheiro, presença de matérias flutuantes (água imprestável para recreação). Isto está ocorrendo na maioria das capitais onde os rios estão quase totalmente degradados.

### Razões Legais

As comunidades e os proprietários das terras situadas à jusante têm direitos legais ao uso da água em estado natural. Por isto as autoridades sanitárias instituem padrões de qualidade de água e de lançamento de efluentes, que devem ser obedecidos. Hoje existe a Lei dos Crimes Ambientais que além das multas pode levar o causador à cadeia.

### Razões Individuais

As empresas ou instituições que pretendem se enquadrar dentro das normas da NBR/ISO 14001, tem que necessariamente atender à legislação e promover a melhoria contínua de seus processos.



**McLeod Ferreira**

Consultoria Técnica e Comercial S/C Ltda.

---

### 3. CONSEQÜÊNCIAS DA CONTAMINAÇÃO DAS ÁGUAS

A vida e a saúde do homem, dos animais e dos vegetais estão diretamente relacionadas com a água, por seu potencial energético, seu uso necessário nas indústrias, por ser via natural de comunicação, um veículo para despejos sanitários (convenientemente tratados), um agente terapêutico e uma paisagem apreciada pelo homem para recreação e prática esportiva, além de múltiplos usos que facilitam o desenvolvimento sócio-econômico das nações.

Em 1982, quando este trabalho foi feito pela primeira vez, 70% da população mundial não dispunha de fontes de água tratada, mais de dois bilhões de pessoas estavam expostas a enfermidades infecciosas por falta de água em condições salubres; havia duzentos e cinquenta milhões de novos casos de enfermidades hídricas anualmente no mundo e morriam vinte e cinco mil pessoas diariamente por isso. Isto é um documento de identidade de países subdesenvolvidos ou em desenvolvimento.

Em 1998 a OMS relatou que houve 4 bilhões de casos de doenças diarreicas em 1997, com 2,5 milhões de mortes, estimando-se que mais de 800.000 casos são atribuídos à água contaminada, que é responsável também por:

- Insuficiência renal
- Danos cerebrais
- Artrite e outras doenças de auto-imunidade
- Doenças do coração
- Câncer estomacal
- Diabetes
- Crescimento prejudicado
- Desenvolvimento intelectual retardado

Disponer de sistemas de abastecimento de água potável não garante a isenção de enfermidades, mas se considerarmos que os efluentes domésticos e industriais serão tratados antes do seu lançamento nos cursos d'água, esta garantia aumentará muito.

Além disso, a poluição produz escassez de recursos, o que repercute economicamente nas empresas que os usam, e começam em alguns países grandes projetos com o objetivo de prevenir o esgotamento de suas reservas.

Os países nórdicos e EUA já recirculam efluentes sanitários tratados como águas industriais, sem que se note nenhum problema técnico nos processos.

**McLeod Ferreira**

Consultoria Técnica e Comercial S/C Ltda.

**4. ALTERNATIVAS DE TRATAMENTO**

<b>FÍSICO-QUÍMICOS (Origem Inorgânica)</b>		<b>BIOLÓGICOS (Origem Orgânica)</b>	
<b>Físicos, Químicos e Eletroquímicos</b>		<b>Aeróbicos e Anaeróbicos</b>	
• Batelada	Pequenas vazões	• Batelada	Pequenas vazões
• Contínuo	Grandes vazões	• Contínuo	Grandes vazões
<b>Pré-Tratamentos</b>			
<b>Gradeamento</b>		<b>Gradeamento</b>	
• Estático	Pequenas vazões	• Estático	Pequenas vazões
• Peneiras rotativas	Médias e grandes vazões	• Peneiras rotativas	Médias e grandes vazões
• Grades mecanizadas	Grandes vazões	• Grades mecanizadas	Grandes vazões
<b>Medição de Vazão</b>		<b>Medição de Vazão</b>	
• Vertedores	Pequenas vazões	• Vertedores	Pequenas vazões
• Calha Parshall	Grandes vazões	• Calha Parshall	Grandes vazões
<b>Caixas de Areia</b>		<b>Caixas de Areia</b>	
• Manuais	Normalmente 2 câmaras	• Manuais	Normalmente 2 câmaras
• Automáticas	Mecanizadas	• Automáticas	Mecanizadas, com ar difuso para evitar degradação
<b>Flotação</b>		<b>Flotação</b>	
• Mineradoras			Química e petroquímica (óleos/graxas)
<b>Filtração</b>			Têxtil e papel/celulose (fibras)
<b>Adensamento</b>			Alimentícia/frigoríficos (gorduras)
<b>Separadores Estáticos</b>			
	Tratamento da superfície (desengraxantes)		
	Metalúrgica (óleos/graxas)		
<b>Tratamento Primário</b>			
<b>Decantadores Primários</b>		<b>Decantadores Primários</b>	
	Usados para remoção de sólidos em suspensão		Usados para remoção de sólidos em suspensão
<b>Neutralização ou Acerto de pH</b>		<b>Neutralização ou Acerto de pH</b>	
<b>Tratamento Secundário</b>			
<b>Mistura Rápida</b>		<b>Sistemas Aeróbicos</b>	
	Tratamento da superfície		Ar difuso
<b>Oxidação</b>			Aeradores mecânicos
	Tratamento da superfície		Oxigênio puro
<b>Redução</b>			Filtros biológicos
	Tratamento da superfície		Lagoas aeradas
<b>Floculação + Decantação + Filtração</b>			Lagoas facultativas
<b>Flotação</b>		<b>Sistemas Anaeróbicos</b>	
			Lagoas anaeróbicas
<b>Intercâmbio Iônico</b>			Reatores
		<b>Outros</b>	
			Tratamento c/microorganismos
			Anaeróbicos + filtros aerados
			Anaeróbicos + lodos ativados
			Anaeróbicos + físico-químico
<b>Desidratação de Lodo</b>			
<b>Leitos de Secagem</b>		<b>Leitos de Secagem</b>	
	Pequenas vazões		Pequenas vazões
<b>Filtro Prensa</b>		<b>Filtro Prensa</b>	
	Pequenas e médias vazões		Pequenas e médias vazões
<b>Adensador/Prensa Desaguadora</b>		<b>Adensador/Prensa Desaguadora</b>	
	Grandes vazões		Grandes vazões
<b>Centrífuga</b>		<b>Centrífuga</b>	
	Grandes vazões		Grandes vazões
<b>Incineração</b>		<b>Incineração</b>	
	Resíduos perigosos		Resíduos perigosos
<b>Tratamento Terciário (visando reaproveitamento da água)</b>			
<b>Remoção de N+P</b>			
<b>Remoção de Dureza</b>			
<b>Clarificação</b>		Floculação + Decantação + Filtração	
<b>Desinfecção</b>		Cloração	
		Ozonização	
		UV	
		Outros	
<b>Osmose Reversa</b>			



## McLeod Ferreira

Consultoria Técnica e Comercial S/C Ltda.

---

### 4.1 Processos Físico-Químicos

#### 4.1.1 Introdução

São chamados de processos físico-químicos todos aqueles que empregam instalações destinadas a reagir, separar, combinar elementos, sejam por processos físicos (sem produtos químicos), como, por exemplo, decantação e filtração, como também com produtos químicos como flotação e floculação, ou ainda combinando os dois, como mistura, floculação, decantação e filtração.

Muitos autores costumam chamá-los de processos não biológicos, ou seja, sempre que os microorganismos não tenham atividade fundamental.

#### 4.1.2 Aplicação

Os processos físico-químicos são aplicados sempre quando se deseja remover substâncias indesejáveis ou retirar um determinado produto de uma mistura.

Em muitos casos, em saneamento, se usam os processos físico-químicos como pre-tratamento ou como antecedente aos processos biológicos, visando reduzir as cargas poluentes ou retirando do meio compostos que venham a atrapalhar o processo biológico.

Essa prática é usada em frigoríficos, tinturarias, indústrias químicas e petroquímicas, e indústrias farmacêuticas.

#### 4.1.3 Resumo do Processo

Basicamente os processos físico-químicos são feitos por:

- Equalização: quando as vazões são variáveis
- Mistura rápida: para adição de reagentes
- Floculação: para combinação dos produtos
- Flotação: para separação de produtos leves ( $d < 1$ )
- Decantação: para separação de produtos pesados ( $d > 1$ )
- Filtração ou acerto de pH: quando necessário
- Desidratação de lodo gerado: leitos de secagem, centrífuga ou filtro prensa

Quando as vazões são pequenas, normalmente até 30 m<sup>3</sup>/dia usa-se o processo batelada. Acima disso usa-se o processo contínuo.



## **McLeod Ferreira**

Consultoria Técnica e Comercial S/C Ltda.

---

### **4.1.4 Precipitação Química**

Um dos processos foi desenvolvido na Hungria e se baseia no tratamento de efluentes com sais de ferro ou alumínio, bentonita ou caulim e copolímeros da amida do ácido acrílico. O pH deve ser ajustado convenientemente para conseguirmos uma ótima precipitação.

O precipitado conseguido pode ser utilizado como meio de cultura bacteriológica ou como alimento de animais, uma vez que foi esterilizado.

### **4.1.5 Concentradores por Spray-Film**

Sistema desenvolvido nos EUA, são evaporadores verticais (ou horizontais apesar de raros) que permitem a concentração dos efluentes utilizando apenas 10% da energia de um evaporador convencional.

A qualidade do efluente final obtida com este método é excelente, e o concentrado pode ser usado como complemento para rações animais.

### **4.1.6 Tratamento com Carvão Ativo**

Os tratamentos a base de carvão ativo são dimensionados sobre o fato de que é necessária a mesma quantidade de carvão ativo que a massa de DQO que quer se eliminar. Atualmente é uma tecnologia pouco utilizada e não desenvolvida completamente, principalmente no que se refere a sistemas de recuperação de carvão.

### **4.1.7 Ozonização-Eletrofloculação**

#### **- Tratamento Primário**

Utiliza-se o tratamento convencional, ou seja, remoção de sólidos grosseiros, através de grades fixas para vazões pequenas ou mecanizadas para grandes vazões.

Ainda como tratamento primário podemos considerar ajustes de pH para valores entre 6 e 9 unidades.

#### **- Ozonização**

A ozona ( $O_3$ ) é um oxidante muito energético que, após sua atuação, não produz elementos de reação contaminantes. Por isso podemos considerá-lo como um oxidante limpo.



## McLeod Ferreira

Consultoria Técnica e Comercial S/C Ltda.

---

Harvey Rosen (1) tabelou a eficiência da oxidação da ozona sobre um grande número de substâncias contaminantes, algumas delas cancerígenas, demonstrando que são poucos os compostos refratários à sua ação. Além disso a ozona é um poderoso agente bactericida e viricida, removendo também cor, gosto e odores. Muitas águas não eram reutilizadas pois sua cor e odor estavam fora dos padrões para reutilização.

### - Eletrofloculação

Assim é chamado o fenômeno eletroquímico produzido numa célula galvânica, cujos eletrólitos são os sais contidos naturalmente nos efluentes. Os eletrodos são metais que se dissolvem pela passagem de uma corrente elétrica, produzindo cátions, que atuam como floculantes da matéria orgânica presente na água residual.

O processo físico-químico que nos permite uma separação eficiente de partículas coloidais, portanto sujeitas ao movimento Browniano, além de líquidos emulsionados no efluente, é a produção eletro-química (anódica) de íons polivalentes, que, sob determinadas condições de pH do efluente, reduzem as cargas das partículas coloidais a zero e assim se floculam; um segundo efeito é conseguir altos gradientes amperométricos, de maneira a aumentar os encontros binários, responsáveis pela coagulação.

A eleição de íons multivalentes positivos é devida a que a grande maioria das misturas dos colóides contidos por efluente industriais tem carga negativa, fundamentalmente óleos e graxas, e também proteínas.

O valor de pH de carga zero para a maioria dos efluentes que foram ensaiados em laboratório se encontra entre 5,5 e 9,0 unidades.

Na eletrofloculação, mediante uma adequada geometria dos eletrodos e de seu espaçamento, calculados previamente, se aceleram os encontros binários por efeito dos grandes gradientes amperométricos e por isso, há uma coagulação mais veloz.

O material coagulado é separado por flotação e/ou decantação, podendo usar, ainda, uma desinfecção final utilizando ozona do início do tratamento.

#### 4.1.8 Intercâmbio Iônico

Muitos efluentes possuem produtos de alto valor (ouro, prata) ou de alta toxicidade (níquel, cádmio, cromo) cujo descarte pode ser problemático em função da legislação.

Nestes casos é amplamente empregado o uso de instalações de troca iônica para a recuperação de metais. Os sistemas são compostos basicamente por colunas de intercâmbio iônico com resinas específicas que retêm o metal desejado. Quando da regeneração os metais retornam ao banho ou são retirados por processo térmico.



## 4.2 Processos Biológicos

Toda bibliografia e experiências indicam que uma série de substâncias, tais como detergentes inorgânicos (duros), bactericidas, antibióticos, etc., ou efluentes que as contenham devem ser separados antes de serem tratados por processos biológicos.

Se não procedermos desta forma é muito difícil conseguir eficiências maiores que 50% com esta tecnologia.

Em geral as substâncias de pH baixo podem inibir ou até eliminar a ação de enzimas e estabilizar os efluentes sob tratamento. Para tanto é crítica a estabilidade do pH nos reatores biológicos.

O desenho de um processo biológico de tratamento depende de:

- a) a estequiometria da reação bioquímica.
- b) a velocidade destas reações.
- c) a dispersão dos poluentes no interior do reator.

Também são importantes o tipo do reator biológico utilizado, o sistema de contato efluente-microorganismo, etc.

Tendo em vista que muitos destes parâmetros são muito difíceis de se controlar, o projeto do tratamento biológico é necessariamente empírico, e para conseguirmos êxito temos que realizar ensaios de tratabilidade em escala piloto, antes de se passar para o desenho da planta industrial.

O processo biológico é utilizado quando existe carga orgânica impossível de ser removida por processo físico-químico. Em geral podemos classificar os processos como aeróbicos, anaeróbicos e mistos.

Analisaremos em seguida os processos biológicos mais comuns.

### 4.2.1 Processos Aeróbicos

#### ❖ Lodos Ativados

Este processo se baseia no tratamento biológico aeróbio por meio de flocos microbianos, em suspensão no efluente em tratamento. Requerem, segundo o processo utilizado, um período de retenção de quinze a quarenta horas, com uma importante incorporação de oxigênio no reator. Tempos de retenção maiores produzem efluentes altamente nitrificados.



## McLeod Ferreira

Consultoria Técnica e Comercial S/C Ltda.

---

Com o uso de oxigênio puro, o período de retenção varia de seis a doze horas. Cuidados especiais com a variação de pH tem que ser adotados, pois em muitos casos existe uma tendência de acidificação do meio, e nestes casos deva haver uma adição controlada de "leite de cal".

Para conseguir uma eficiência melhor, os lodos ativados se recirculam, obtendo-se assim uma população microbiana ativa, fator este muito importante na eficiência do tratamento.

A eficiência média conseguida pelo método de lodos ativados é de 85%, podendo em caso de bom controle analítico ultrapassar 95% na redução da carga orgânica. Geralmente vêm acompanhados de um problema adicional: a disposição final dos lodos. Antes da desidratação do lodo, este deve ser digerido para evitar problemas de mau cheiro, e em muitos casos este ainda é clarificado. Nas unidades pequenas utilizamos leitos de secagem, nas médias, filtros prensa ou prensa desaguadora e nas grandes, filtros prensa e centrífugas.

Vale a pena ressaltar que os tempos aqui descritos aplicam-se apenas a esgotos sanitários. Quando há presença de efluentes industriais os tempos aumentam, alcançando períodos de até quinze dias de retenção.

O processo é composto basicamente de:

- elevatórias de esgoto bruto
- gradeamento
- aeração
- decantação
- recirculação de lodo
- digestão do lodo
- leitos de secagem
- desinfecção final
- comando elétrico central
  
- Elevatórias de Esgoto Bruto

Quando a cota de saída dos efluentes é inferior à da entrada da ETE, há a necessidade do recalque dos efluentes até a ETE.

Para tanto é necessária a instalação de elevatórias automáticas de esgotos, que se encarregarão de alimentar a ETE. Cada elevatória terá comando independente para as bombas, que serão duas (sendo uma reserva da outra).



## McLeod Ferreira

Consultoria Técnica e Comercial S/C Ltda.

---

### - Gradeamento

O tratamento é sempre precedido de um gradeamento, por telas de aço inoxidável com vão livre de 1 cm, destinado a remover todas as impurezas que possam vir a atrapalhar o funcionamento mecânico do sistema. A limpeza é feita manualmente.

### - Aeração

Os efluentes líquidos da comunidade são conduzidos a um tanque de aeração onde são submetidos à ação de um rotor de aeração que promove a introdução de oxigênio no tanque.

Além de garantir uma homogeneização na mistura promove a recirculação necessária para evitar a sedimentação da matéria em suspensão.

O esgoto bruto afluente ao tanque de aeração contém matéria orgânica (DBO) que serve como alimento. As bactérias metabolizam os sólidos do esgoto produzindo novos desenvolvimentos, a medida que absorvem oxigênio e liberam gás carbônico. Por este processo mesmo que oxigênio dissolvido caia a zero, no decantador final, raramente produz odores ofensivos, pois a matéria orgânica foi extensivamente oxidada durante a aeração.

### - Decantação

O grau de tratamento obtido num processo de aeração depende, diretamente, da decantabilidade do lodo. A decantabilidade do lodo biológico, em condições normais de operação, depende da razão alimento:microorganismos. O sistema de aeração prolongada, com grandes períodos de aeração e concentrações de SSTA relativamente altas, operam na fase endógena de crescimento. Isto permite uma alta eficiência na remoção da carga orgânica (DBO), pois os microorganismos famintos, efetivamente, procuram a matéria orgânica e rapidamente flocculam sob condições favoráveis.

Nas pequenas instalações usam-se decantadores tipo Dortmund, ou seja com uma parte cilíndrica plana e fundo cônico ou ainda com uma variação, ou seja, com uma parte cúbica e fundo tronco piramidal invertido. Nas instalações maiores que 600 m<sup>3</sup>/dia recomendamos decantadores cilíndricos de fundo plano com raspadores mecânicos que facilitam a remoção do lodo e são de fácil construção civil.

### - Recirculação de Lodo

O lodo é recolhido pelo fundo do decantador sendo recalçado através de bombas centrífugas de rotor aberto ou tubular para o tanque de aeração e o excedente irá para o digestor de lodo.



## McLeod Ferreira

Consultoria Técnica e Comercial S/C Ltda.

---

### - Digestão do Lodo

O lodo excedente será recalcado para o digestor de lodo, onde por ação de um aerador a matéria orgânica residual mineralizar-se-á (todos os microorganismos serão mortos evitando odores desagradáveis). Após a digestão o lodo será desidratado nos leitos de secagem.

### - Desidratação Natural ou Mecanizada do Lodo

Após a digestão do lodo (mineralização total), este é descartado em leitos de secagem (pequenas vazões) ou enviado para desidratação em filtro prensa (vazões médias) ou centrífugas (grandes vazões). Nesta etapa reduzimos o volume de água, permitindo o manuseio do lodo já como sólido, que por estar praticamente inorgânico pode ser incinerado ou enviado a aterro controlado.

### - Desinfecção Final

Normalmente não se exige desinfecção, pois o processo mais usual (cloração) pode gerar organoclorados (com potencial cancerígeno e não removível em ETAs convencionais). A desinfecção é pedida apenas em casos de corpos d'água restritos (Classe 2) ou de efluentes potencialmente perigosos (hospitais, centros de pesquisa, laboratórios químicos e farmacêuticos, fábrica de defensivos agrícolas, etc.). Em muitos casos, para não usar a cloração usa-se ultravioleta (processo com muitas restrições) ou ozonização.

### - Comando Central

Todos os equipamentos eletromecânicos da instalação são comandados num painel de fácil acesso aos operadores da instalação.

### ❖ **Lagoas Aeradas**

É uma variante do processo anterior, só que neste caso não há recirculação de lodos. Como resultado, a biomassa ativa na lagoa é muito diluída e requer longos períodos de aeração para conseguir as eficiências anteriores.

As lagoas aeradas são sensíveis a mudanças de temperatura, o que significa que a eficiência fica reduzida nos meses frios. Nos meses quentes o processo anaeróbio é incrementado, no fundo da lagoa, o que pode trazer problemas de odores e perda de eficiência. Por estas razões são muito importantes o desenho das lagoas e as características dos aeradores.

Normalmente o período de retenção varia entre quatro e dez dias.



## McLeod Ferreira

Consultoria Técnica e Comercial S/C Ltda.

---

### ❖ Lagoas de Estabilização

Diferem do caso anterior por não terem equipamentos. Estas dependem de aeração natural (superficial) e da fotossíntese, como fonte de oxigênio. Os raios ultravioletas atuam como desinfetantes.

Necessitam de áreas muito grandes de terrenos a serem inundados. Como desvantagem principal temos a presença de odores desagradáveis nos meses de verão.

Normalmente são calculadas, em regiões de clima quente com taxas em torno de 5,0 gr/DBO/m<sup>2</sup>/dia, com altura nunca superior a 1,5 m, o que resulta em períodos de retenção de três a seis meses.

Outro fato que sempre ocorre é o assoreamento da lagoa e a proliferação de insetos nos meses quentes do ano. Há também um problema muito comum neste sistema, que é o desequilíbrio algas-bactérias, havendo em alguns casos a eutrofização das lagoas muito rapidamente.

### ❖ Filtros Biológicos Horizontais (leitos percoladores)

Esta variedade utiliza um meio suporte fixo onde se aderem os microorganismos. Os meios mais comuns são brita, seixos, argila expandida, madeira e materiais plásticos.

A matéria orgânica contida no efluente se absorve ou se adsorve na película biológica fixa ao suporte e em seguida é oxidada. É necessário um longo estudo, antes de se projetar um sistema deste tipo, já que um excesso de matéria orgânica conduz a um intercâmbio de oxigênio ruim e, em consequência, uma eficiência baixa do leito.

Como os demais processos biológicos, também são sensíveis a variações climáticas.

Geralmente são dimensionados com taxas de 500 a 1.000 gr DBO/m<sup>3</sup>/dia ou de 10 a 20 m<sup>3</sup>/m<sup>2</sup>/dia.

### ❖ Discos Biológicos e Torres Biológicas

Estes processos empregam materiais plásticos sintéticos.

Os discos biológicos possuem uma superfície ativa bastante ampla, uma vez que são montados em paralelo, muito próximos uns dos outros. Um único eixo os faz girar lentamente ( $\cong$  2 rpm). Estes discos têm 40% de sua superfície submersa no efluente a ser tratado, de maneira que o material orgânico é absorvido por um filme biológico, suportado nos discos e é oxidado na presença de um excesso de oxigênio.



## McLeod Ferreira

Consultoria Técnica e Comercial S/C Ltda.

---

A principal vantagem que possui é sua construção modular, e desta maneira uma bateria destes discos em série pode conseguir altas eficiências de tratamento.

As torres biológicas são uma variante do processo anterior, porém construído verticalmente, diminuindo a área ocupada. Seu recheio sintético (plástico) faz com que as estruturas sejam simples e leves. Os resultados são muito superiores aos que utilizam recheios clássicos.

O inconveniente destes sistemas é o custo operacional, tendo em vista que em caso de obstrução do elemento filtrante, há a necessidade de desmontar todo o conjunto para limpeza. Em muitos casos há dificuldades construtivas na instalação.

O cálculo de carga varia de caso para caso e em geral não se aplica para efluentes industriais.

### 4.2.2 Processos Anaeróbicos

O tratamento anaeróbico de efluentes é possível em casos de vazões pequenas, através do uso de câmaras sépticas, seguidas de filtros anaeróbicos. Para vazões maiores usam-se reatores anaeróbicos, seguidos de filtros anaeróbicos.

O processo compreende três etapas, hidrólise enzimática, acidificação e metanização.

Na primeira, os produtos se dissolvem em água formando a hidrólise.

Na segunda, os açúcares se convertem em ácidos enquanto que as graxas e proteínas se decompõem em aminoácidos, álcoois, aldeídos, etc. Esta etapa de biodegradação é conhecida como fermentação ácida.

Na terceira etapa temos a reação bioquímica de fermentação metânica, onde se convertem os ácidos orgânicos em metano e anidrido carbônico.

Este processo é sensível a sobrecargas de poluentes, temperatura e detergentes.

O uso do metano requer cuidados de segurança adicionais. Em muitas instalações o metano é simplesmente lançado na atmosfera sem tratamento algum. O mesmo ocorre com o lodo no fundo do tanque, que é retirado por caminhões limpa-fossa, cujo destino é duvidoso. Em muitos casos a estabilização do lodo é feita com adição de cal na proporção de 0,5 Kg cal/Kg lodo o que resulta num lodo com pH 12. O controle deve ser muito bem definido, pois na lixiviação pode causar danos ambientais.



## McLeod Ferreira

Consultoria Técnica e Comercial S/C Ltda.

---

### ❖ Lagoas Anaeróbicas

São utilizadas com o objetivo de uma redução acentuada da matéria orgânica. Em geral ocupam pouco espaço em função de sua alta profundidade (4 a 6 m). Como sub-produto temos a exalação de maus odores devido ao processo de fermentação ácida (metanização).

### ❖ Reatores Anaeróbicos

Os reatores anaeróbicos são uma compactação do sistema anterior. São construídos tanques com controle da produção do metano e todos os seus dispositivos de segurança. Tem a vantagem de disponibilizar o uso do metano. Devem ser seguidos de tratamento complementar, pois sua eficiência em média não ultrapassa 60% na remoção de carga orgânica, bem abaixo dos 80% mínimos exigidos pela legislação do Estado de São Paulo.

Cuidados Adicionais a Serem Tomados:

Até o presente, no Brasil, poucas unidades de tratamento anaeróbio têm seu biogás gerado destinado ao reaproveitamento, sendo que a maioria delas simplesmente tem esse efluente gasoso descartado na atmosfera. Ressalta-se que esta não é a atitude adequada.

O biogás, diante de seus componentes, além de ser danoso às pessoas a ele expostas, também pode ser objeto de explosões e causar dano ao ambiente da circunvizinhança (corrosão de metais, etc.).

Um dos problemas mais sérios recai sobre o perigo de explosão quando o metano é misturado com ar.

O biogás gerado nos reatores, por não conter oxigênio, não é explosivo por si só, porém a introdução de ar, em qualquer etapa do transporte, armazenamento ou tratamento, pode resultar em mistura altamente explosiva.

Geralmente, recomenda-se que a concentração de metano seja mantida fora da faixa de 5% a 15% (em volume) e a de oxigênio, inferior a 3% a 11%.

Cuidado especial deve ser dado às conseqüências de vazamentos ou acúmulo dessa mistura em ambientes de trabalho, internos ou externos a edificações, pois pode ocorrer acúmulo de biogás e, caso a faixa de porcentagem de ar/metano resultar dentro de certos limites, as explosões podem ser fatais.



### 4.2.3 Outros

#### ❖ **Tratamento com Microorganismos**

Em muitos casos o sistema de tratamento de efluentes “quase” chega nos parâmetros de lançamento. Em outros casos os efluentes a serem lançados na rede coletora pública “quase” alcançam os padrões, e para atender o “quase” são necessárias obras muitas vezes caras.

Na Europa e nos Estados Unidos, pesquisas foram feitas no sentido de se produzirem microorganismos específicos para degradarem efluentes específicos, em alternativa ao uso de produtos químicos que poderiam produzir efeitos colaterais indesejáveis.

Estes trabalhos da década de setenta acabaram produzindo grandes coleções de cepas microbianas (tipo de bactérias) para biodegradar uma variedade de substâncias poluentes.

Desta maneira, colônias específicas de microorganismos podem ser usadas nas redes de esgoto e instalações existentes com vantagens de reduzir poluentes com DBO, DQO, SS, O.G. e odores nocivos e com isto alcançar os parâmetros da legislação.

Os microorganismos são inofensivos a seres vivos, não são patogênicos ou tóxicos e não são produzidos por engenharia genética, e na maioria dos casos são do tipo facultativo, ou seja podem ser usados tanto nos processos aeróbicos como nos anaeróbicos.

#### ❖ **Anaeróbico/Aeróbico**

Esta tem sido a alternativa para alcançar os parâmetros legislativos da área. Apresentam o grande desafio de controlar dois processos distintos e isto só se consegue instrumentalmente preparado para parâmetros físico-químicos e biológicos.

#### ❖ **Físico-Químico/Anaeróbico ou Vice-versa**

Em muitos casos se misturam estes processos para atingir os parâmetros legislativos. O processo físico-químico em geral consegue derrubar cerca de 30% da carga orgânica e o biológico cerca de 65%, o que resulta numa eficiência global de cerca de 85%. O grande vilão é quando não há continuidade de carga e vazão. Nestes casos o aeróbico apresenta inúmeras vantagens e eficiência superior.



**McLeod Ferreira**

Consultoria Técnica e Comercial S/C Ltda.

---

## **C - RESÍDUOS SÓLIDOS**



## McLeod Ferreira

Consultoria Técnica e Comercial S/C Ltda.

---

### 1. INTRODUÇÃO

Os efluentes sólidos gerados pelos laboratórios são geralmente gerados por restos de corpos de prova, amostras e produtos a serem analisados, materiais e matérias primas a serem descartados, resíduos das estações de tratamento, etc.

### 2. DESTINO DOS RESÍDUOS

Um dos grandes dilemas encontrados pelas indústrias é dar um destino adequado para os resíduos da empresa, uma vez que a fonte geradora é juridicamente responsável pelo resíduo até o seu destino final.

Assim sendo, caso o aterro venha a apresentar problemas no futuro, será da responsabilidade das empresas que aí depositam seus resíduos, um novo destino para estes.

Com base nesta incerteza, em muitos países do mundo, passou-se a substituir os aterros por unidades de reciclagem ou reprocessamento de resíduos.

Os resíduos são classificados como:

❖ Classe I	Resíduos Perigosos
❖ Classe II	Resíduos Não Inertes
❖ Classe III	Resíduos Inertes

e listados da seguinte maneira:

- ❖ Listagem 01: Resíduos Perigosos de Fontes Não Específicas (18 Resíduos)
  - Alguns solventes halogenados
  - Alguns solventes não halogenados
  - Lodos
  - Soluções exauridas
  
- ❖ Listagem 02: Resíduos Perigosos de Fontes Específicas (96 Resíduos de 19 Fontes)
  - Preservação da madeira
  - Pigmentos inorgânicos
  - Produtos químicos orgânicos
  - Pesticidas
  - Tintas



## McLeod Ferreira

Consultoria Técnica e Comercial S/C Ltda.

---

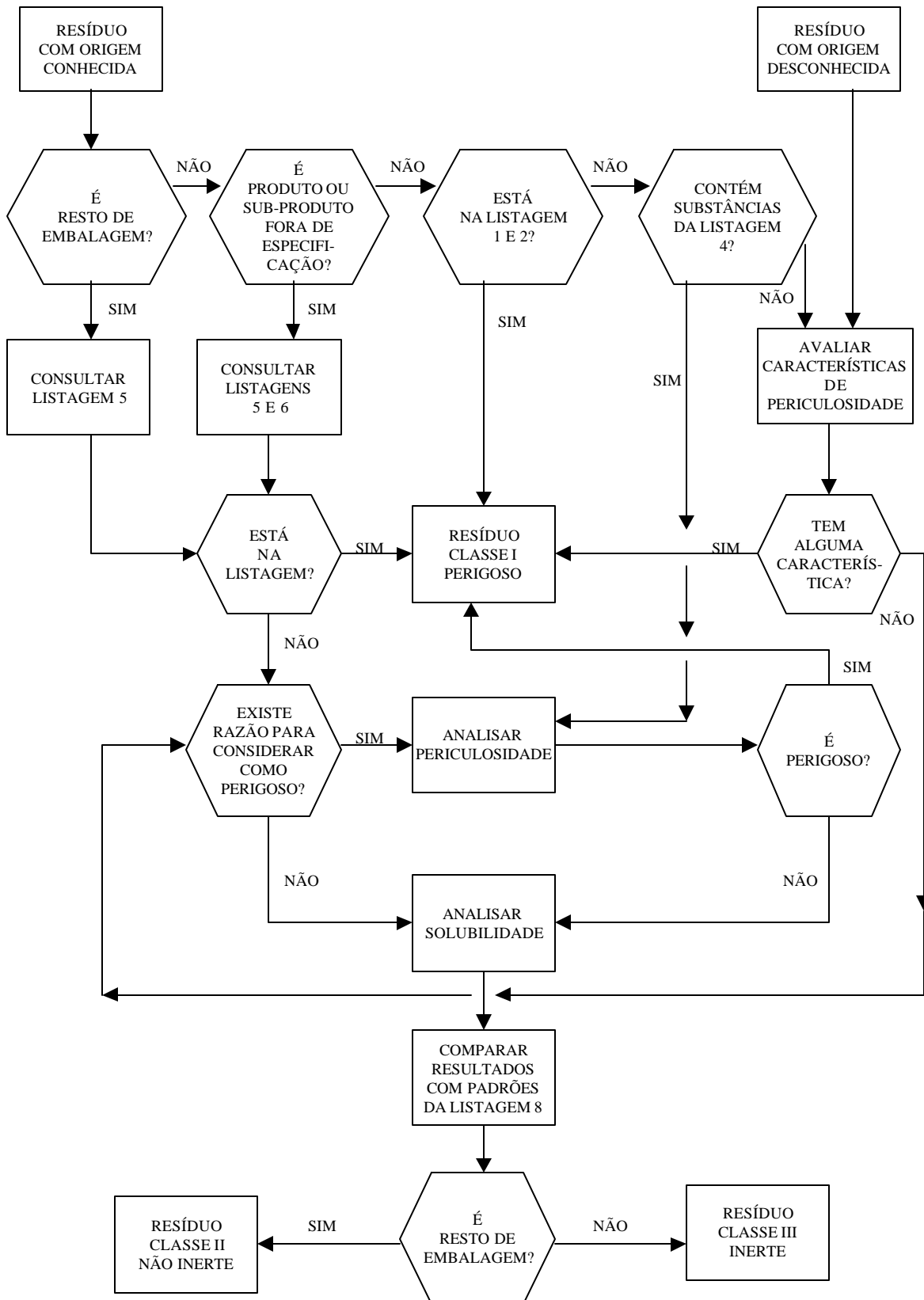
- ❖ Listagem 03: Constituintes Perigosos pelos Quais o Resíduo foi Listado (116 Constituintes)
  - Tetracloro de etileno
  - Cianeto
  - Chumbo
  - Fenol
  - Mercúrio
  
- ❖ Listagem 04: Substâncias que Conferem Periculosidade a um Resíduo (354 Substâncias)
  - Acetaldeído
  - Benzidina
  - Cádmio e seus compostos
  - Chumbo e seus compostos
  - Dieldrin
  
- ❖ Listagem 05: Substâncias Agudamente Tóxicas (114 Substâncias)
  - Acroleína
  - Cianeto de zinco
  - Feniltionreia
  - Heptacloro
  
- ❖ Listagem 06: Substâncias Tóxicas (391 Substâncias)
  - Acetato de chumbo
  - Anidrido Ftálico
  - Cloreto de Metileno
  
- ❖ Listagem 07: Concentração – Limite Máximo no Extrato Lixiviado
  
- ❖ Listagem 08: Concentração – Limite Máximo no Extrato Solubilizado

Para os resíduos Classe II e III o sistema de aterro é o mais usual. No entanto, para os resíduos Classe I, os processos mais utilizados (em São Paulo) são:

- ❖ Co-processamento em fornos de cimento e incorporação no processo
- ❖ Reprocessamento como óxidos metálicos e reutilização como corantes metálicos em indústria cerâmica
- ❖ Incineração

Todos os resíduos de laboratório farmacêutico, cujos produtos possam ter componentes agressivos ao meio ambiente ou ao ser humano devem ser incinerados. Aqui se incluem todos os que estão ligados à saúde pública. O grande fator negativo deste processo, embora seja o mais seguro, é o custo, que é o mais caro de todos os outros sistemas.

### 3. FLUXOGRAMA PARA CLASSIFICAÇÃO DOS RESÍDUOS SÓLIDOS





## McLeod Ferreira

Consultoria Técnica e Comercial S/C Ltda.

---

### 4. LEGISLAÇÃO

❖ Armazenamento de Resíduos Sólidos Perigosos Classe I	NB 1183
❖ Armazenamento de Resíduos Sólidos Classe II e III	NB 1264
❖ Armazenamento e Manuseio de Líquidos Inflamáveis e Combustíveis	NB 98
❖ Armazenamento de PCB's	Instrução Normativa SMEA/STC/CRS Nº 001 de 10/06/83
❖ Incineração de Resíduos Sólidos Perigosos	Em andamento
❖ Classificação de Resíduos Sólidos	PN 1:603.06-008 E NBR 10.004
❖ Lixiviação de Resíduos	NBR 10.005
❖ Solubilização de Resíduos	NBR 10.006
❖ Amostragem de Resíduos	NBR 10.007
❖ Aterro de Resíduos Não Perigosos	PN 1:603.6-006
❖ Aterro de Resíduos Perigosos	NBR 10.157

Está em andamento no Congresso Nacional o Projeto de Lei 203 de 1991 que “Institui a Política Nacional de Resíduos Sólidos, seus princípios, objetivos e instrumentos, e estabelece diretrizes e normas de ordem pública e interesse social para o gerenciamento dos diferentes tipos de resíduos sólidos”.

De qualquer forma, no nosso ver e experiência pessoal de mais de 30 anos como técnico químico e 25 anos como engenheiro químico, o mais adequado para matérias primas fora de validade é a doação para reciclagem em escolas, centro de ensinos, etc. Nossa sugestão em São Paulo é a criação de um aditivo específico na Bolsa de Resíduos da FIESP (Federação das Indústrias do Estado de São Paulo) com o capítulo “Produtos de Laboratório”.

---

## LIXO E MEIO AMBIENTE

### Quanto tempo leva a absorção:

• Restos de comida	1 dia a 1 semana
• Jornais	2 a 6 semanas
• Revistas	1 a 5 meses
• Embalagens de papel	1 a 4 meses
• Cascas de frutas	3 meses
• Guardanapos	3 meses
• Pontas de cigarros	2 anos
• Fósforos	2 anos
• Chiclete	5 anos
• Nylon	30 a 40 anos
• Latas de alumínio	100 a 500 anos
• Tampas de garrafa	100 a 500 anos
• Pilhas	100 a 500 anos
• Sacos e copos plásticos	200 450 anos
• Garrafas e frascos de vidro	Tempo indeterminado
• Garrafas e frascos de plástico	Tempo indeterminado
• Cerâmica	Tempo indeterminado