Workshops Meio Ambiente

Convênio CETESB-CIESP

TRATAMENTO DE EFLUENTES LÍQUIDOS

Engº. Regis Nieto

Gerente do Setor de Avaliação de Sistemas de Saneamento

CIESP

CETESB SECRETARIA DO MEIO AMBIENTE

GOVERNO DO ESTADO SÃO PAULO CADA VEZ MELHOR

Escolha do Sistema de Tratamento de Efluentes

- Caracterização qualitativa e quantitativa do efluente a ser tratado;
- Análise técnico-econômica;
- Área disponível;
- Classe do corpo receptor;

Escolha do Sistema de Tratamento de Efluentes

- Legislação;
- Características meteorológicas da região;
- Recurso financeiro disponível;
- Projeções e prospecções;
- Localização da ETE.

Controle das Emissões de Efluentes Líquidos

- **Atendimento aos Padrões de Emissão (end of pipe) da Legislação Federal e Estadual**
- **Não desenquadrar o corpo receptor, atender aos Padrões de Qualidade, em situações de vazão crítica (normalmente, $Q_{7,10}$)**
- **Controle Ecotoxicológico de efluentes líquidos – Resolução SMA (SP) nº 03/00 de 22/02/00**

Controle das Emissões de Efluentes Líquidos

- **Padrões de Emissão:**
  - **Art. 18 da Regulamentação da Lei Estadual 997 de 31/05/76, aprovada pelo Decreto nº 8.468 / 08/09/76;**

Controle das Emissões de Efluentes Líquidos

- **Padrões de Emissão:**
  - **Art. 19A da Regulamentação da Lei Estadual 997 de 31/05/76, aprovada pelo Decreto nº 8.468 de 08/09/76 e alterada pelo Decreto 15.425 de 23/07/80;**

Controle das Emissões de Efluentes Líquidos

- **Padrões de Emissão:**
  - **Art. 34 da Resolução Conama nº 357/ 17/03/05 e alterada pela Resolução Conama n° 397/ 03/04/08.**

Controle das Emissões de Efluentes Líquidos

- **Padrões de Qualidade:**
  - **Art. 11, 12 e 13 do Regulamento da Lei Estadual 997 / 31.05.76, aprovado pelo Decreto 8468 / 08.09.76, para corpos d´água Classe 2, 3 e 4.**

Controle das Emissões de Efluentes Líquidos

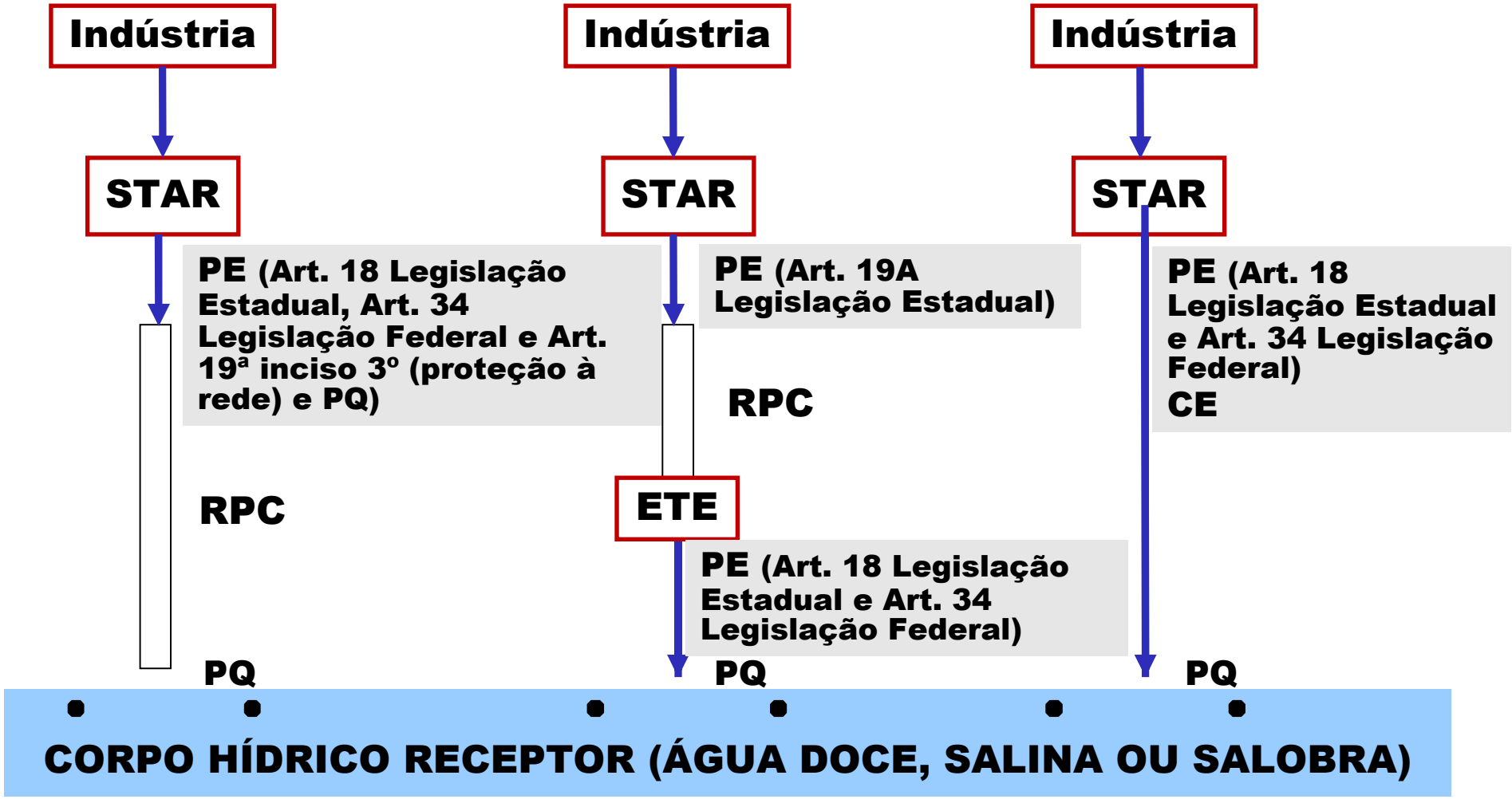
- **Padrões de Qualidade:**
  - **Art. 14, 15,16, 17, 18, 19, 20, 21, 22 e 23 da Resolução CONAMA nº 357 / 17.03.05.**
  - **Os art. 14, 15, 16 e 17 são para águas doces e indicam as Classes 1, 2, 3 e 4 .**

Controle das Emissões de Efluentes Líquidos

Os art. 18, 19, 20 são para águas salinas e indicam as Classes 1, 2 e 3.

Os art. 21, 22 e 23 são para as águas salobras e indicam as Classes 1, 2 e 3.

Controle das Emissões de Efluentes Líquidos

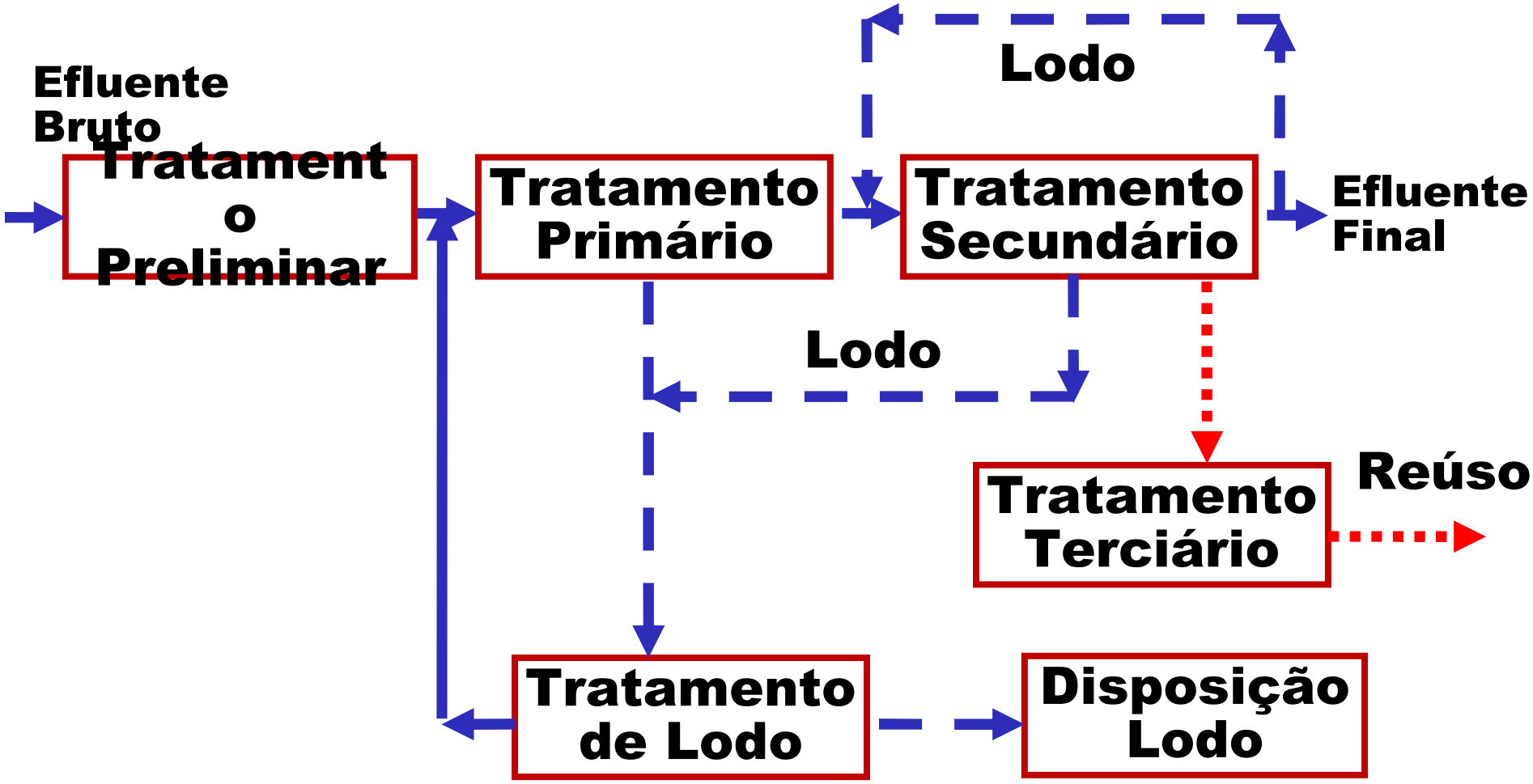


CIESP

CETESB SECRETARIA DO MEIO AMBIENTE

GOVERNO DO ESTADO SÃO PAULO CADA VEZ MELHOR

Estação de Tratamento Convencional



CIESP

CETESB SECRETARIA DO MEIO AMBIENTE

GOVERNO DO ESTADO SÃO PAULO CADA VEZ MELHOR

Tratamento Preliminar

- **Poluentes Removidos**
  - **Sólidos Grosseiros**
- **Mecanismo de Tratamento**
  - **Físico**
- **Aplicação**
  - **Montante de EEE**
  - **Início do Tratamento**

Tratamento Preliminar

- **Unidades**
  - **Gradeamento / Peneiras / Caixa de Areia / Caixa de Gordura**
- **Atende Padrão de Emissão**
  - **Não**

Gradeamento (Remoção de Sólidos Grosseiros)

- **<u>Finalidade:</u> proteção de tubulações, peças e equipamentos do sistema de tratamento de esgotos.**

- **<u>Dispositivos:</u> barras de ferro ou aço paralelas, verticais ou inclinadas, com espaçamento adequado para retenção de material sem produzir grandes perdas de carga.**

Gradeamento
(Remoção de Sólidos Grosseiros)

Grade Grossa

Grade Média

CIESP

CETESB SECRETARIA DO MEIO AMBIENTE

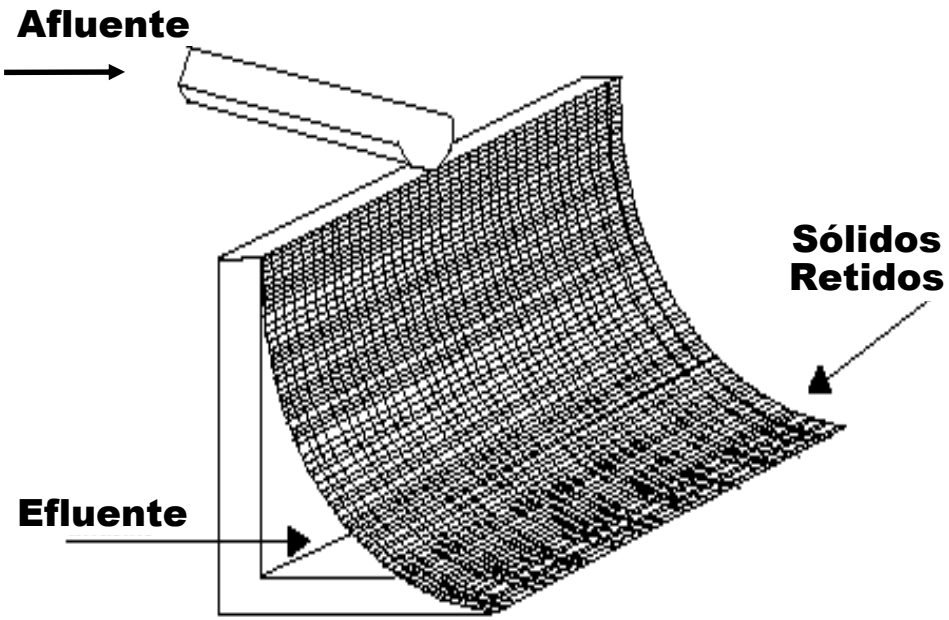
GOVERNO DO ESTADO SÃO PAULO CADA VEZ MELHOR

Peneiras
(Remoção de Sólidos Finos ou Fibrosos)

- **Peneiras Estáticas:**

- **Retenção de material através do efeito do fluxo líquido durante o peneiramento;**
- **Não requer energia e não possui peças móveis;**
- **Ocupam maiores áreas;**
- **Abertura da malha da peneira: de 0,25 a 2,5 mm.**

Peneiras
(Remoção de Sólidos Finos ou Fibrosos)



Peneira Estática

Caixa de Areia
(Remoção de Areia)

- **<u>Finalidade:</u> proteção das instalações a jusante e aos corpos receptores, principalmente devido ao assoreamento.**

- **<u>Dispositivos:</u> caixa para retenção através de sedimentação, sem a deposição de matéria orgânica.**

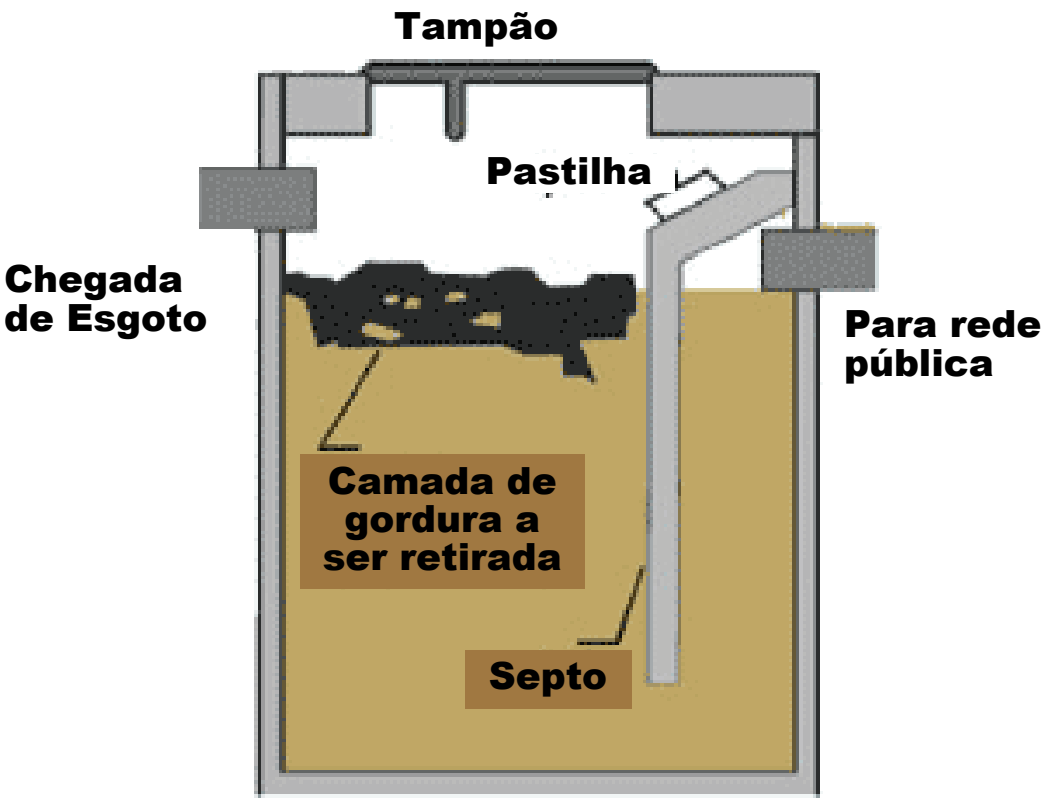
Caixa de Gordura
(Remoção de Gorduras e Sólidos Flutuáveis)

- **<u>Finalidade:</u> Evitar obstrução de tubulações, aderência e perturbações no funcionamento de equipamentos, formação de odores e aspectos desagradáveis nas unidades posteriores.**

- **<u>Dispositivos:</u> caixa com capacidade de acumulação de gordura, que permite a flutuação do material.**

Caixa de Areia e Caixa de Gordura

Caixa de Areia com velocidade controlada por Calha Parshall.



Caixa de Gordura.

CIESP

CETESB

SECRETARIA DO MEIO AMBIENTE

GOVERNO DO ESTADO SÃO PAULO CADA VEZ MELHOR

Tanque de Equalização

- **<u>Finalidade:</u> tornar constante o fluxo (vazão) e a carga orgânica / inorgânica do efluente na entrada do tratamento.**

- **<u>Vantagens:</u>**

- **Minimizar cargas de choque no tratamento biológico;**
- **Manter carga de sólidos constante;**
- **Maior controle na dosagem e adição de reagentes;**
- **Funcionar como pulmão dando maior flexibilidade operacional.**

TRATAMENTO PRIMÁRIO

- **Poluentes Removidos**
  - **Sólidos Sedimentáveis;**
  - **DBO em suspensão;**
  - **Correção de pH.**

- **Mecanismo de Tratamento**
  - **Físico ou Físico-Químico.**

TRATAMENTO PRIMÁRIO

- **Aplicação**
  - **Tratamento parcial.**

- **Unidades**
  - **Sedimentação/ Flotação/ Precipitação Química/ Sistemas Anaeróbios.**

- **Atende ao Padrão de Emissão**
  - **Usualmente não.**

Decantação Primária
(Remoção de Sólidos Sedimentáveis)

- **<u>Finalidade:</u> reter parte dos sólidos sedimentáveis, bem como o material que tende a flotar, reduzir a carga orgânica, minimizando os custos de implantação e operação no tratamento biológico.**

- **<u>Eficiência de Remoção:</u>**

  DBO: 25 a 35%

  SS: 40 a 60%

Decantação Primária
(Remoção de Sólidos Sedimentáveis)

Decantador Retangular. Dispositivo de Remoção de Lodo Mecanizado.

Decantador Circular. Dispositivo de Remoção de Lodo Mecanizado.

CIESP

CETESB SECRETARIA DO MEIO AMBIENTE

GOVERNO DO ESTADO SÃO PAULO CADA VEZ MELHOR

Precipitação Química

- **<u>Finalidade:</u> decantação mais rápida de colóides (coagulação e floculação) e a transformação de substâncias solúveis em compostos insolúveis de fácil decantação por meio de adição de reagentes no efluente.**

- **<u>Eficiência de Remoção:</u>**
  DBO: 50 a 80%
  SST: 80 a 90%

Coagulação

- **<u>Finalidade:</u> desestabilização das partículas coloidais em um sistema aquoso, preparando-as para a sua remoção nas etapas subseqüentes do processo de tratamento.**

- **<u>Coagulante Empregado:</u>**

  Sulfato de alumínio (sólido ou líquido), Cloreto férrico (líquido), Sulfato férrico (líquido), Cloreto de polialumínio (sólido ou líquido), Sulfato ferroso (sólido ou líquido), Coagulantes orgânicos catiônicos (sólido ou líquido).

Floculação

- **<u>Finalidade:</u> É um processo físico no qual as partículas coloidais são colocadas em contato umas com as outras de modo a permitir o aumento do seu tamanho físico, alterando, desta forma, a sua distribuição.**

- **<u>Coagulante Empregado:</u>**

  Eletrólitos, Coagulantes, Agentes Tensoativos, Polieletrólitos.

TRATAMENTO SECUNDÁRIO

- **Poluentes Removidos**

  - **Sólidos não sedimentáveis;**
  - **DBO em suspensão fina;**
  - **DBO solúvel;**
  - **Nutrientes (parcialmente);**
  - **Patogênicos (parcialmente).**

TRATAMENTO SECUNDÁRIO

- **Mecanismo de Tratamento**
  - **Biológico.**
- **Aplicação**
  - **Remoção de matéria orgânica e sólidos em suspensão.**

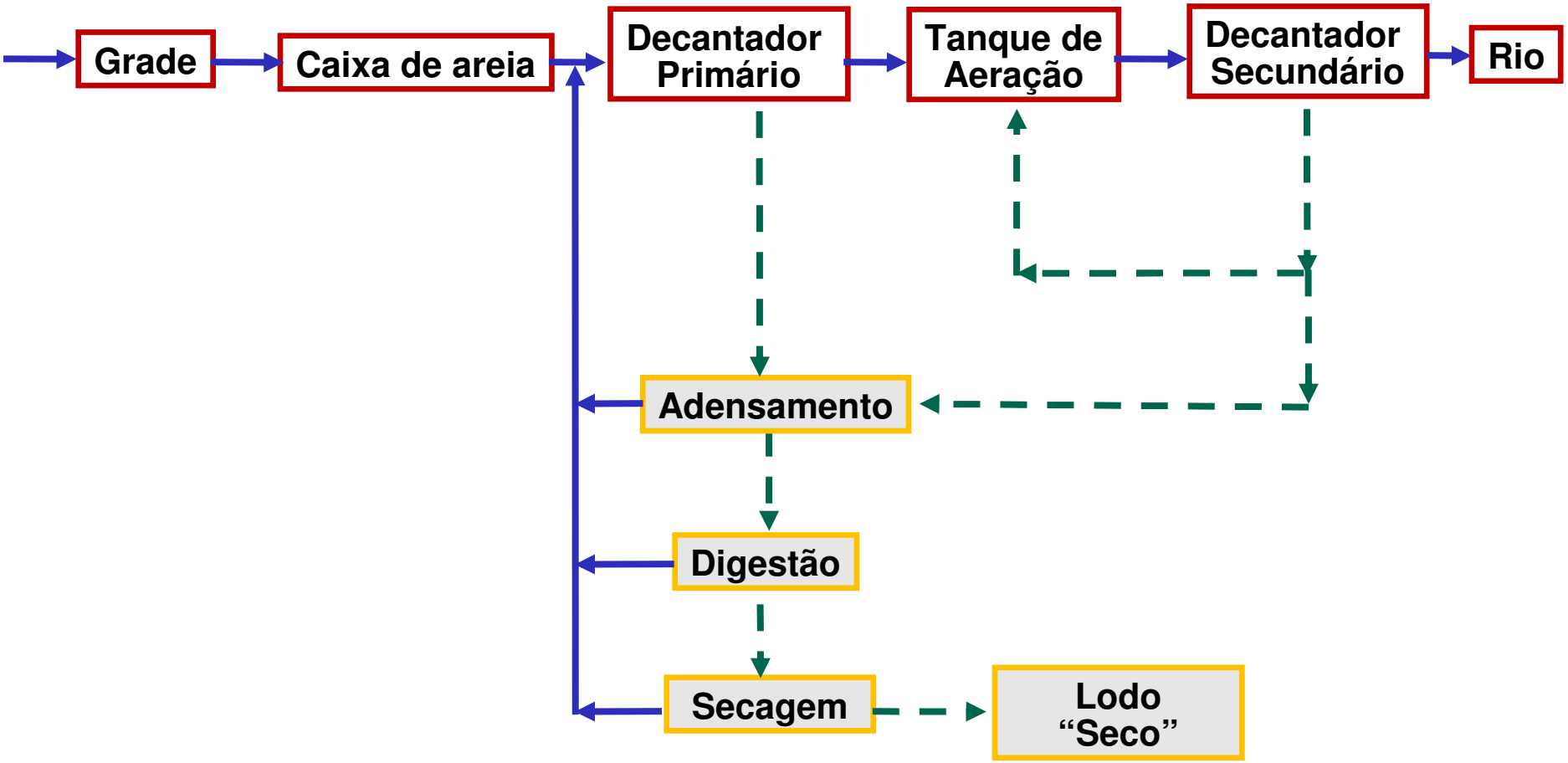
TRATAMENTO SECUNDÁRIO

- **Unidades**
  - **Filtros Biológicos / Lodos Ativados / Valos de Oxidação / Lagoas de Estabilização / Lagoas Aeradas.**

- **Atende Padrão de Emissão**
  - **Usualmente sim.**

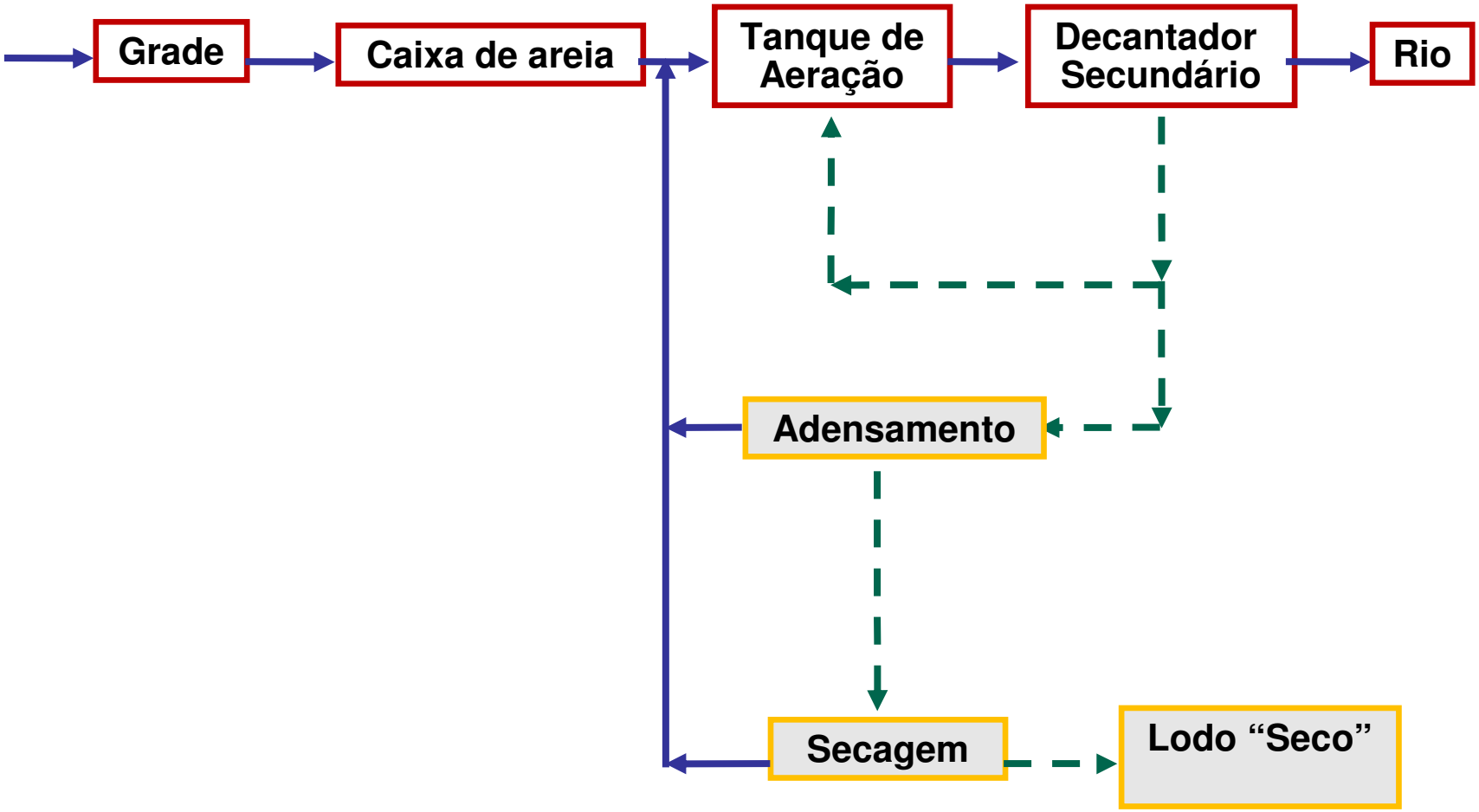
Lodos Ativados

Sistema Lodo Ativado Convencional



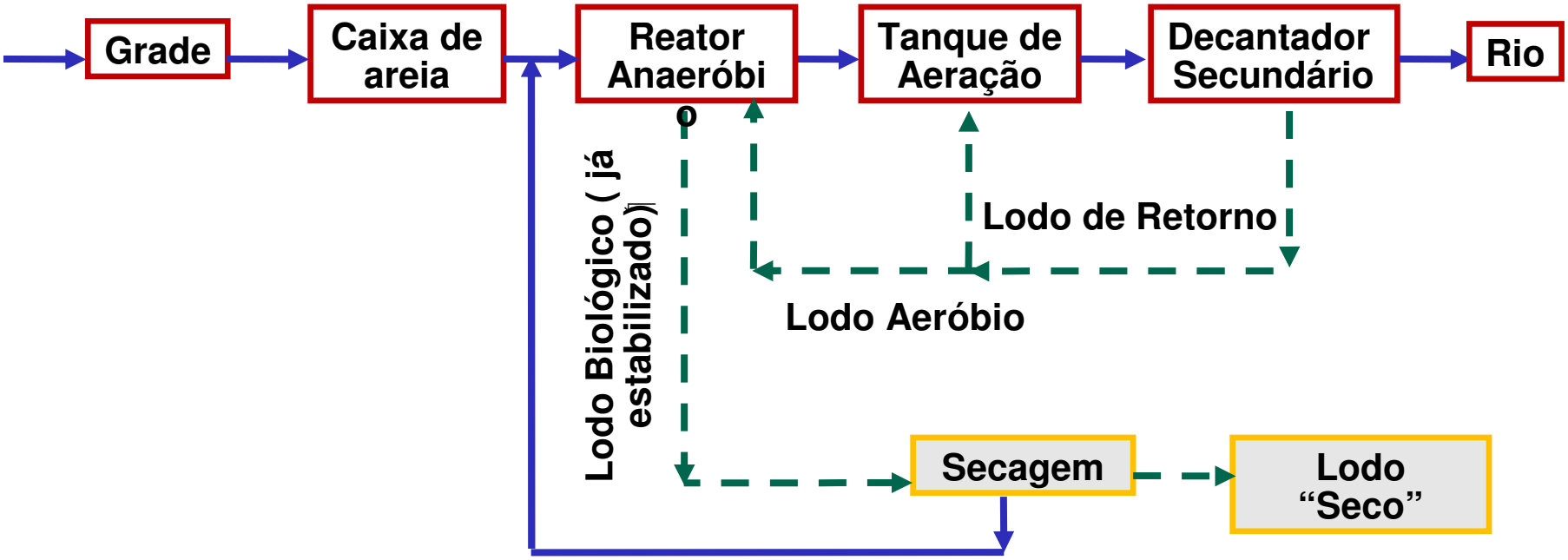
Lodos Ativados

Aeração Prolongada (Mistura Completa)



Lodos Ativados

Pós-Tratamento de Reatores Anaeróbios



Lodos Ativados

TIPOS DE SISTEMAS DE AERAÇÃO	
DIFUSORES	**AERADORES SUPERFICIAIS**
- O ar é fornecido por um compressor / soprador - O ar é introduzido em microbolhas	- O oxigênio é introduzido graças à exposição à atmosfera, e o levantamento / agitação do líquido. - Podem ser fixos ou montados sobre flutuadores

Decantadores Secundários

- **Finalidade:**

- **Separação dos sólidos em suspensão, permitindo clarificação do efluente;**

- **Adensamento dos sólidos em suspensão no fundo do decantador, resultando em lodo recirculado com concentração mais elevada.**

Decantadores Secundários

Decantador Secundário Circular.

Decantador Secundário Circular. Detalhe do Vertedor.

Lagoas de Estabilização

- **<u>Finalidade:</u> Estabilização da matéria orgânica através da oxidação bacteriológica (oxidação aeróbia ou fermentação anaeróbia) e/ou redução fotossintética das algas.**

- **<u>Dispositivos:</u> Lagoas naturais ou artificiais onde prevalecem condições físicas, químicas e biológicas que caracterizam a autodepuração.**

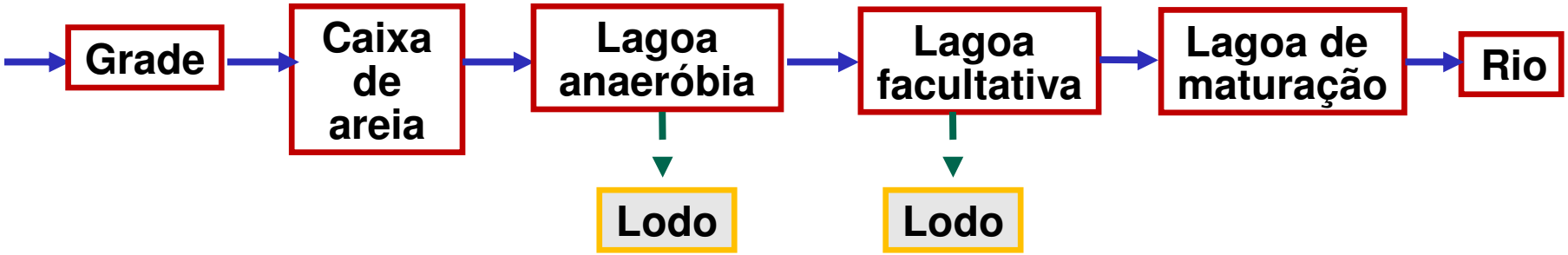
Lagoas de Estabilização

- **<u>Classificação:</u>**

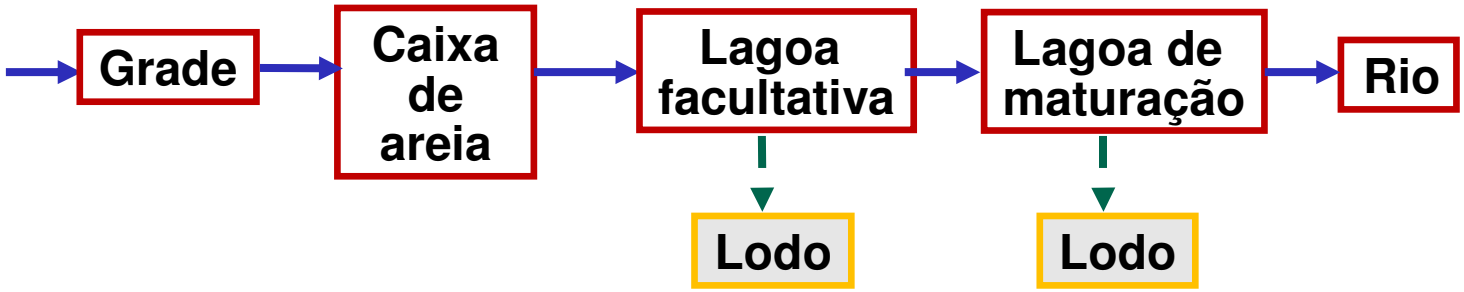
- **Anaeróbias;**
- **Facultativas;**
- **Estritamente Aeróbias;**
- **de Maturação;**
- **de Polimento;**
- **Aeradas.**

Lagoas de Estabilização

Sistema australiano

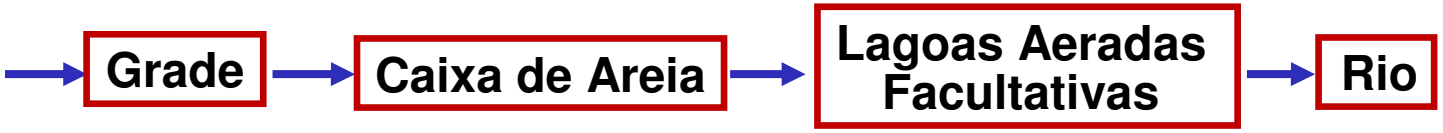


Lagoa Facultativa Primária



Lagoas de Estabilização

Sistema de Lagoas Aeradas



Lagoas de Estabilização

ETE São João (São João da Boa Vista). Lagoa Aerada seguida de Lagoa de Decantação e Lagoa de Secagem.

Lagoas de Estabilização - ETE Lins.

CIESP

CETESB SECRETARIA DO MEIO AMBIENTE

GOVERNO DO ESTADO SÃO PAULO CADA VEZ MELHOR

Processos Anaeróbios

- **Tipos de Reatores:**

- **Lodo aderido a um material inerte de suporte: Filtro Anaeróbio;**

- **Lodo suspenso: Reator de Manta de Lodo (UASB), também conhecido como RAFA - Reator Anaeróbio de Fluxo Ascendente ou DAFA - Digestor Anaeróbio de Fluxo Ascendente;**

Processos Anaeróbios

- **Lodo aderido à superfície de material particulado móvel: RALF - Reator Anaeróbio de Leito Fluidizado.**

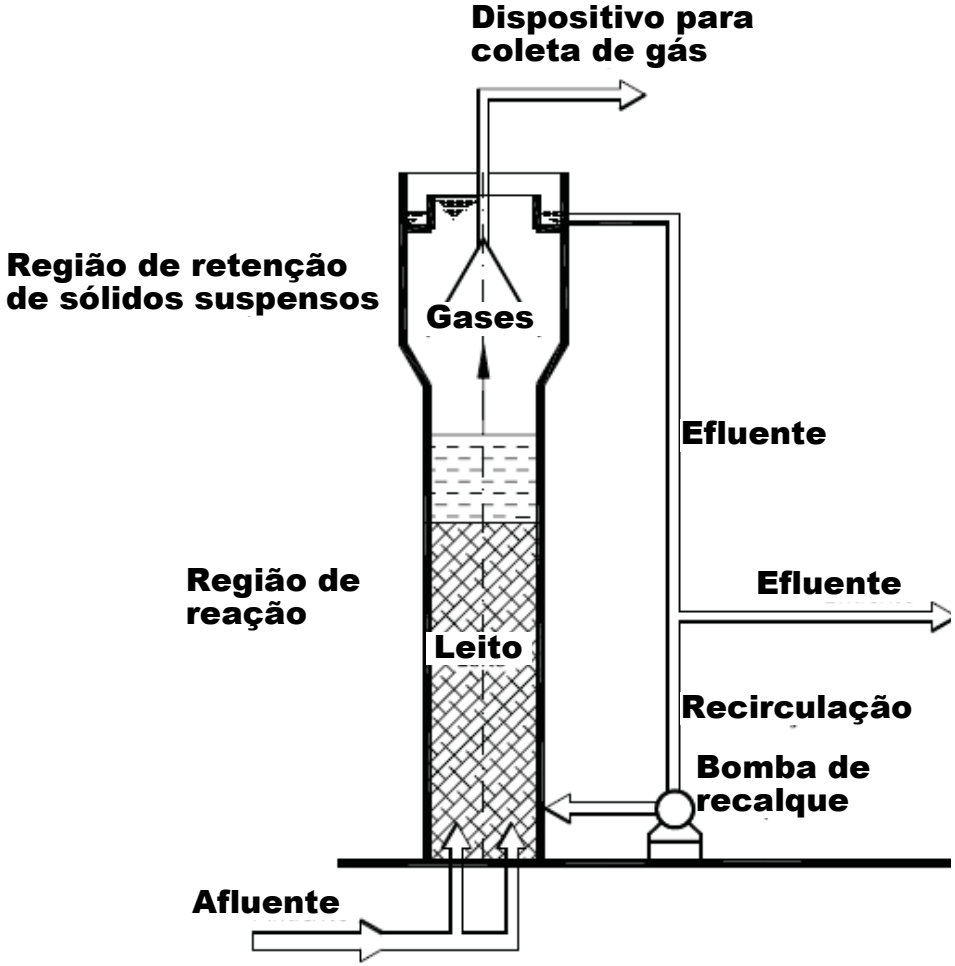
- **<u>Eficiência:</u>** **DBO: 45 a 85%**

  DQO: 40 a 75%

Processos Anaeróbios

- **<u>Pós-Tratamento de Efluentes de Reatores Anaeróbios:</u>**
- **Sistema UASB+Filtro Anaeróbio**
- **Sistema UASB+Lagoa de Polimento**
- **Sistema UASB+Aplicação no Solo**
- **Sistema UASB+ Lodo Ativado**

Processos Anaeróbios



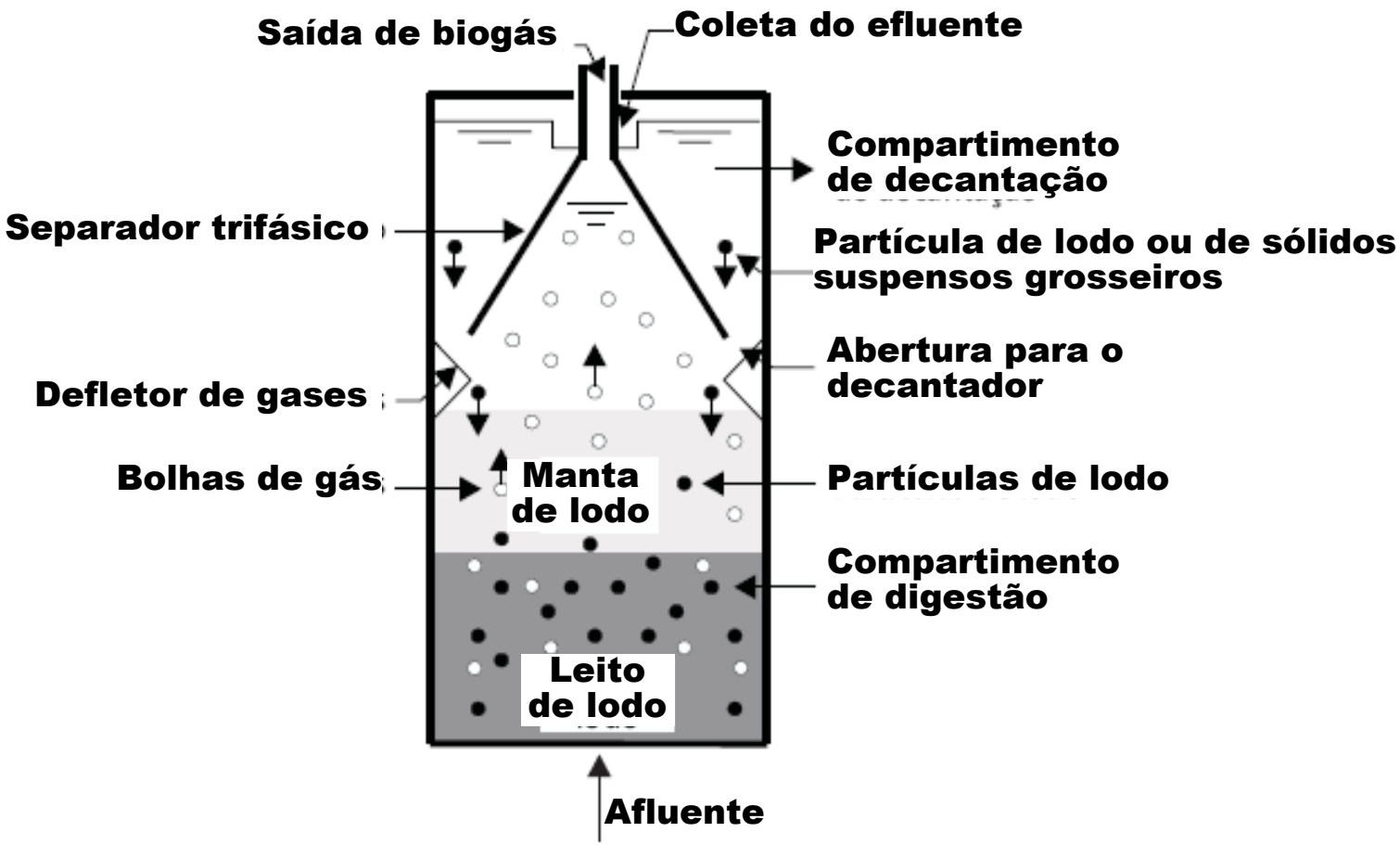
RALF - Reator Anaeróbio de Leito Fluidizado.

CIESP

CETESB SECRETARIA DO MEIO AMBIENTE

GOVERNO DO ESTADO SÃO PAULO CADA VEZ MELHOR

Processos Anaeróbios



Desenho esquemático de um Reator UASB

TRATAMENTO TERCIÁRIO

- **Poluentes Removidos**
  - **DBO em suspensão;**
  - **DBO solúvel;**
  - **Nutrientes;**
  - **Patogênicos.**

TRATAMENTO TERCIÁRIO

- **Mecanismo de Tratamento**
  - **Físico, Físico-Químico, Biológico.**

- **Aplicação**
  - **Remoção de Nutrientes e Patógenos.**

TRATAMENTO TERCIÁRIO

- **Unidades: desinfecção / ozonização / filtração / adsorsão / eletrodiálise / osmose reversa / troca iônica / nitrificação e desnitrificação.**

- **Atende Padrão de Emissão:**
  - **Usualmente sim.**

TRATAMENTO TERCIÁRIO
Reúso de Efluentes

- **Empresa: Petrom Petroquímica Mogi das Cruzes S/A**
- **Produtos: Produtos Químicos Orgânicos**
- **Padrão de Emissão:**
  - **Art. 18 e 34 da Legislação Estadual e Federal**
  - **DBO $\leq$ 10 mg/L (corpo receptor desenquadrado)**

TRATAMENTO TERCIÁRIO
Reúso de Efluentes

- **Reuso de efluentes na reposição de água das torres de resfriamento.**
- **Capacidade ETE: 240 m^3/dia.**
- **Vazão tratada atual: 120 m^3/dia.**
- **Reuso de 100% dos efluentes tratados.**
- **Redução consumo específico de água: 22%.**

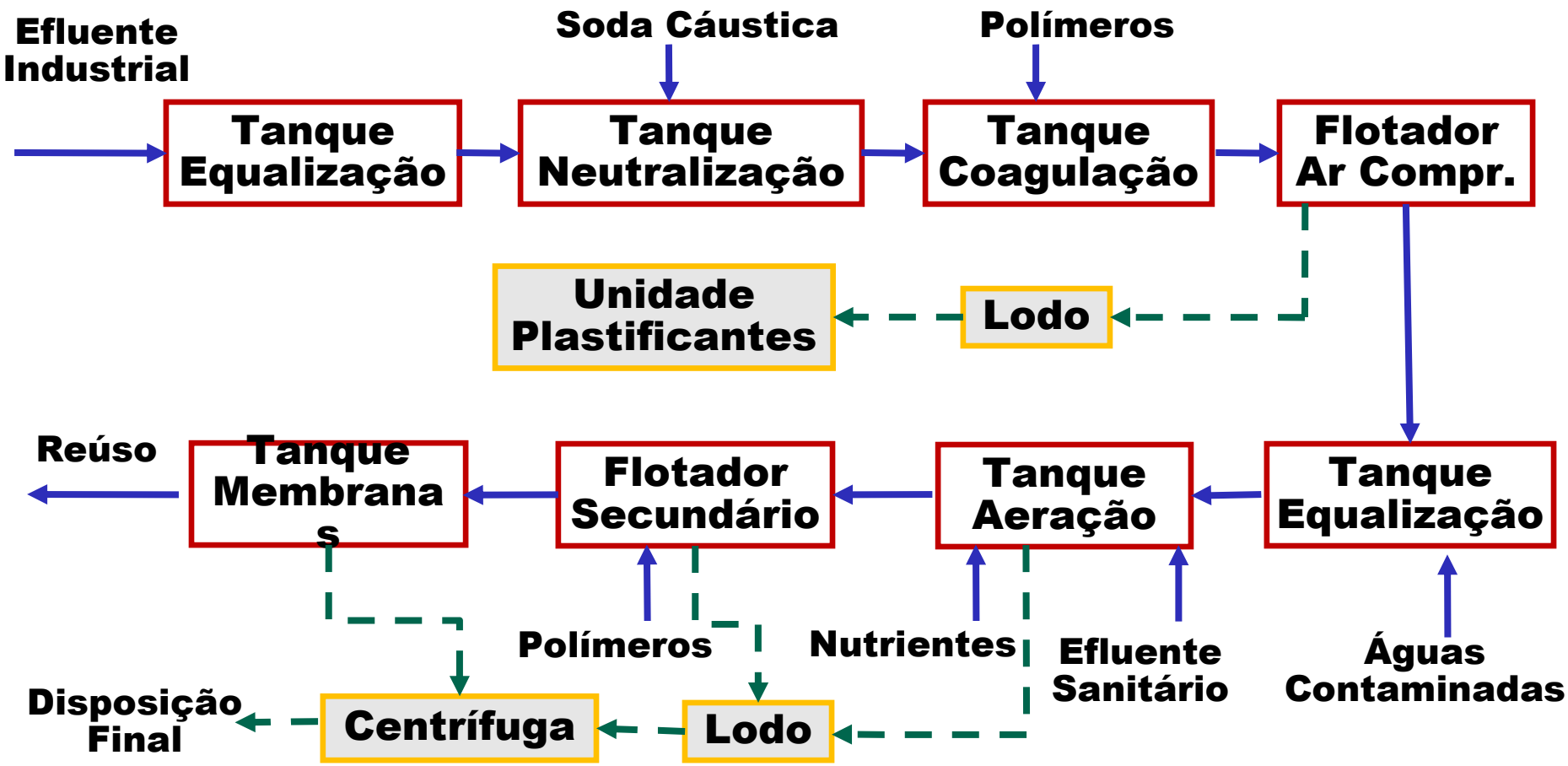
CIESP

CETESB SECRETARIA DO MEIO AMBIENTE

GOVERNO DO ESTADO SÃO PAULO CADA VEZ MELHOR

TRATAMENTO TERCIÁRIO
Reúso de Efluentes

Sistema de Tratamento de Efluentes



CIESP

CETESB SECRETARIA DO MEIO AMBIENTE

GOVERNO DO ESTADO SÃO PAULO CADA VEZ MELHOR

TRATAMENTO TERCIÁRIO
Reuso de Efluentes

Tanque de Aeração

Flotação Secundária

CIESP

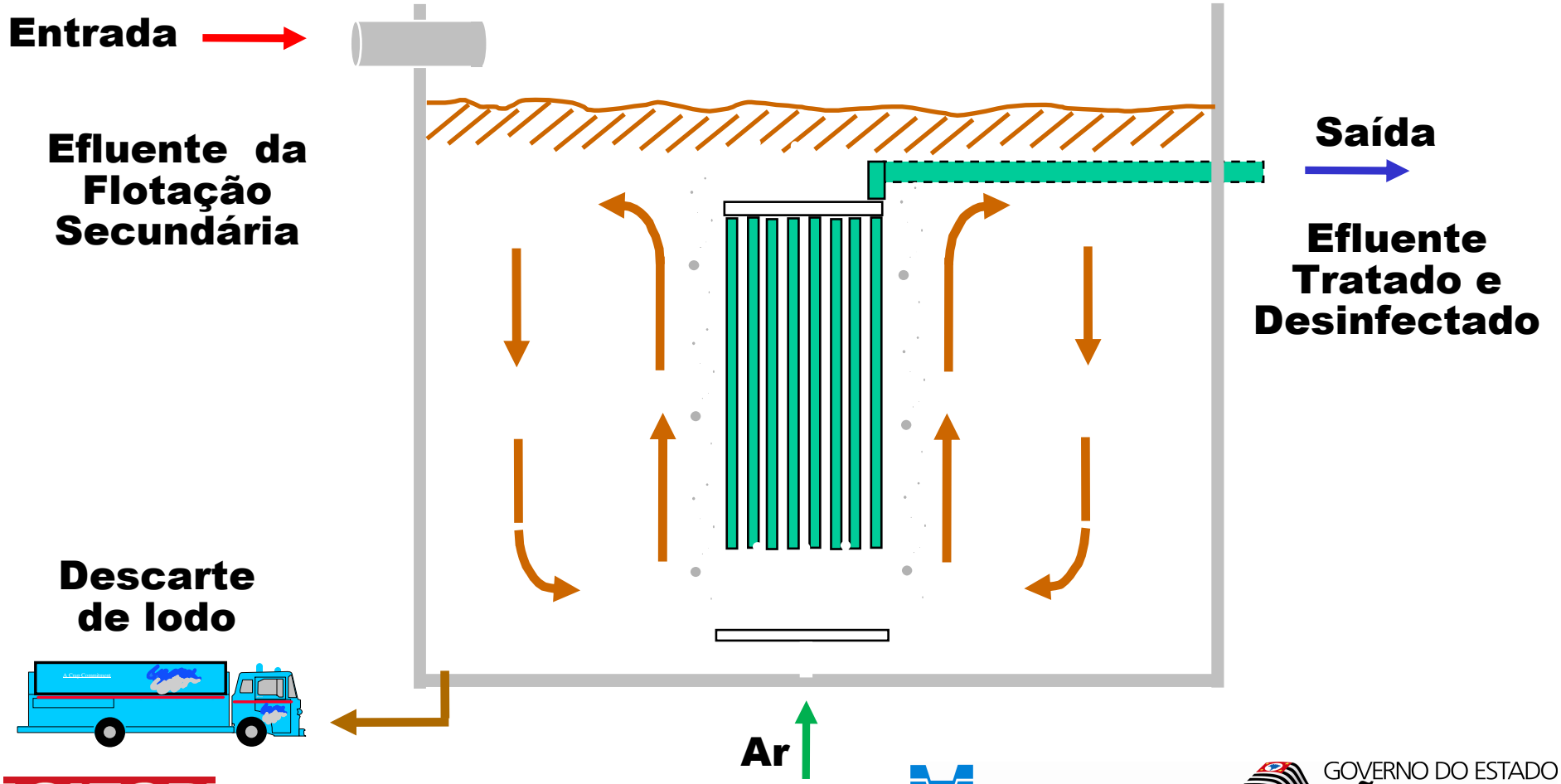
CETESB

SECRETARIA DO MEIO AMBIENTE

GOVERNO DO ESTADO SÃO PAULO CADA VEZ MELHOR

TRATAMENTO TERCIÁRIO
Reuso de Efluentes

Tanque de Tratamento por Membranas MBR (Membrane Biological Reactor)



CIESP

CETESB

SECRETARIA DO MEIO AMBIENTE

GOVERNO DO ESTADO SÃO PAULO CADA VEZ MELHOR

TRATAMENTO DO LODO

- **Etapas:**

- ***Adensamento por gravidade ou flotação:***
  - **Remover água;**
  - **Aumentar o teor de sólidos;**
  - **Reduzir volume.**

TRATAMENTO DO LODO

- ***Estabilização do Lodo:***
  - **Reduzir a quantidade de patógenos;**
  - **Eliminar odores ofensivos;**
  - **Inibir, reduzir ou eliminar o potencial de putrefação do lodo.**

- ***Desidratação:***
  - **Aumentar o teor de sólidos;**
  - **Permitir a disposição final em aterro.**

Estabilização Química do Lodo

- **<u>Conceito:</u> adição de produtos químicos alcalinos para elevar o pH até 12 ou mais por pelo menos 2 horas, aumentando a temperatura, resultando na inativação dos microorganismos.**
- **O produto mais utilizado é a cal - cal virgem, CaO, ou cal apagada, $Ca(OH)_2$.**
- **<u>Eficiência:</u> avaliação pela redução de organismos patogênicos no lodo e redução de odor.**

Desidratação do Lodo

- **<u>Finalidade:</u> Elevar o teor de sólidos do lodo, geralmente acima de 20%, para reduzir o volume a ser transportado e permitir a sua disposição final.**

- **<u>Tipos de Remoção de Umidade:</u>**

- Leito de Secagem;
- Lagoa de Lodo;
- Filtro Prensa;
- Filtro de Esteiras;
- Centrífugas;
- Seção Térmica.

Desidratação do Lodo

Filtro Prensa

- **<u>Dispositivo:</u> conjunto de placas verticais revestidas por tecido filtrante, o lodo é acumulado no centro da placa.**

- **<u>Eficiência:</u> teor de sólidos na torta entre 30 e 50%.**

Desidratação do Lodo

Filtro Prensa

Filtro Prensa de Placas.

Lodo Desidratado.

CIESP

CETESB SECRETARIA DO MEIO AMBIENTE

GOVERNO DO ESTADO SÃO PAULO CADA VEZ MELHOR

Desidratação do Lodo

Filtro de Esteira

- **Dispositivo:** o lodo é colocado em uma seção da esteira onde a água é retirada por gravidade, em seguida o lodo é comprimido entre duas esteiras que se deslocam entre roletes.
- **Eficiência:** teor de sólidos na torta entre 15 a 25%.
- Necessidade de pré-condicionamento do lodo digerido.
- **Condicionantes utilizados:** normalmente polieletrólitos.

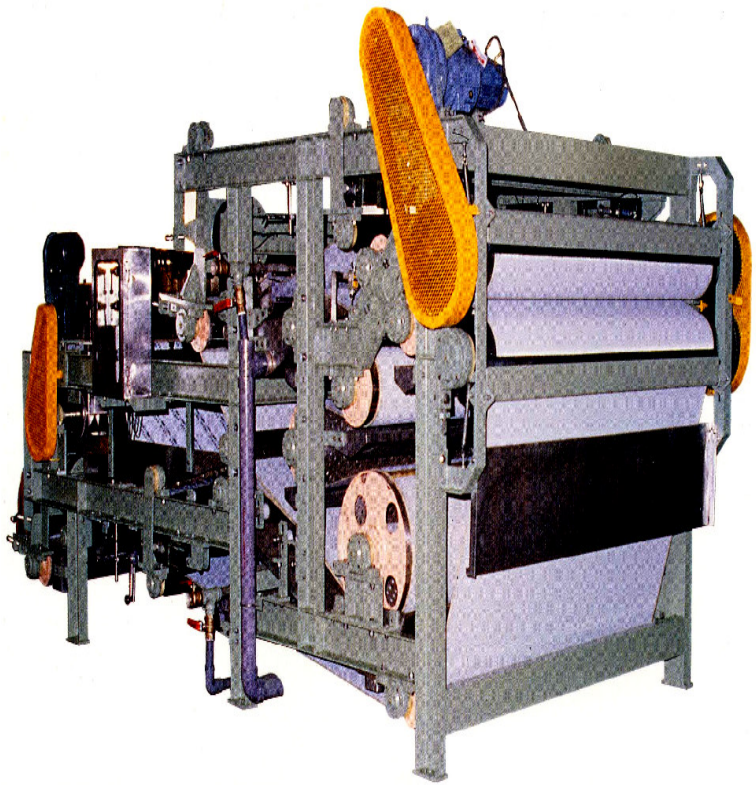
Desidratação do Lodo

Centrífugas

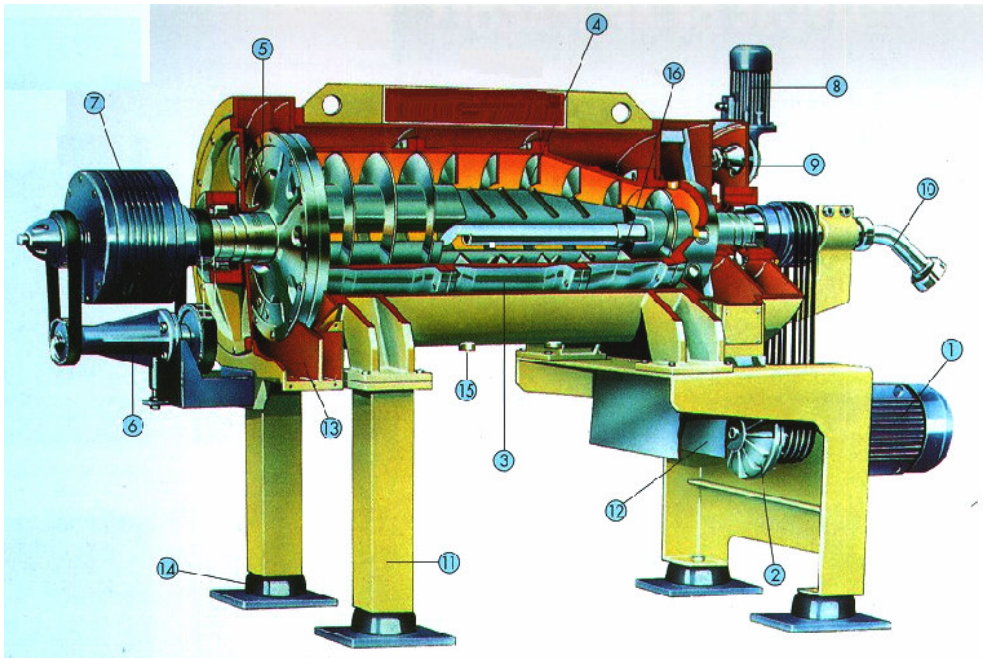
- **<u>Tipos de Centrífugas:</u>**
  ▪Fluxo em contra-corrente;
  ▪Fluxo em co-corrente.
- **<u>Eficiência:</u> teor de sólidos na torta entre 25 a 35%.**
- **Necessidade de pré-condicionamento do lodo digerido.**
- **<u>Condicionantes utilizados:</u> normalmente polieletrólitos catiônico.**

Desidratação do Lodo

Filtro de Esteira



Centrífugas



CIESP

CETESB SECRETARIA DO MEIO AMBIENTE

GOVERNO DO ESTADO SÃO PAULO CADA VEZ MELHOR

Desidratação do Lodo

Secagem Térmica

- **Dispositivos:** submeter o lodo a uma fonte de calor para evaporar a água presente, aumentando o teor de sólidos.
- **Eficiência:** teor de sólidos na torta entre 80 a 90%.
- **Tipos de Secadores:**
  - por Convecção ou Secagem Direta;
  - por Condução ou Secagem Indireta;
  - radiação.

Disposição Final do Lodo

- **Formas de Disposição:**

- **Aterros Sanitários;**
- **Incineração;**
- **Lançamento no oceano;**

Disposição Final do Lodo

- Uso Agrícola:

▪ aplicação no solo com fins agrícolas e em áreas de reflorestamento;

▪ produção de composto ou fertilizante organo-mineral;

▪ restauração de terras.

Disposição Final do Lodo

- Reuso industrial
  - produção de agregado leve para construção civil;
  - incorporação do lodo a fabricação de cimento e de produtos cerâmicos.

Workshops Meio Ambiente

Convênio CETESB-CIESP

Engº. Regis Nieto

regisn@cetesbnet.sp.gov.br

CIESP

CETESB SECRETARIA DO MEIO AMBIENTE

GOVERNO DO ESTADO SÃO PAULO CADA VEZ MELHOR