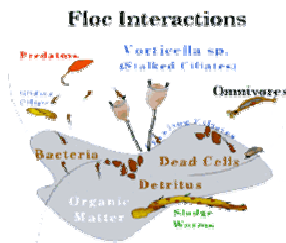
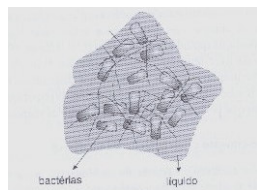


INTRODUÇÃO

Processo biológico no qual o esgoto afluente e o lodo ativado são intimamente misturados, agitados e aerados (tanque de aerção) ocorrendo a decomposição da matéria orgânica pelo metabolismo das bactérias presentes.

⇒ **Lodo ativado**

Lodo ativado é o flocos produzido num esgoto bruto ou decantado pelo crescimento de bactérias zoóreas ou outras, na presença de oxigênio dissolvido, e é acumulado em concentração suficiente graças ao retorno de outros flocos previamente formados.



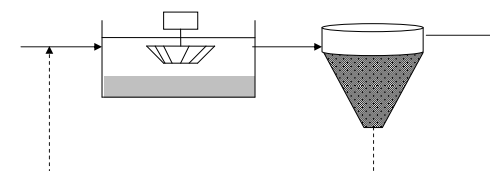
INTRODUÇÃO

O sistema de lodos ativados é amplamente utilizado, a nível mundial, para o tratamento de despejos domésticos e indústrias, em situações em que são necessários uma elevada qualidade do efluente e reduzidos requisitos de área.

- ⇒ Índice de mecanização elevado
- ⇒ Operações sofisticadas
- ⇒ Elevado consumo de energia

ETAPA BIOLÓGICA

- ✓ Tanque de aerção
- ✓ Tanque de decantação
- ✓ Recirculação de lodo



BIOMASSA – FLOCO DE LODO ATIVADO

- ⇒ Separação facilitada no decantador
- ⇒ Propriedade de flocular
- ⇒ Matriz gelatinosa - aglutinação das bactérias e outros
- ⇒ Flocos com maiores dimensões – facilita a sedimentação

VARIANTES DO PROCESSO

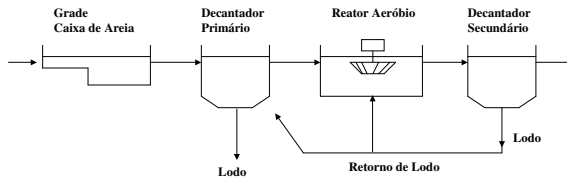
- ⇒ Divisão quanto a idade do lodo
 - ✓ Lodos ativados convencionais
 - ✓ Lodos ativados aerção prolongada
- ⇒ Divisão quanto ao fluxo
 - ✓ Fluxo contínuo
 - ✓ Fluxo intermitente

Classificação dos sistemas em função da idade do lodo

Idade do lodo	Carda de DBO aplicada por unidade de volume	Faixa de idade de lodo	Denominação usual
Reduzidíssima	Altíssima	Inferior a 3 dias	Aerção modificada
Reduzida	Alta	4 a 10 dias	Lodos ativados convencional
Intermediária	Intermediária	11 a 17 dias	-
Elevada	Baixa	18 a 30 dias	Aerção prolongada

SISTEMAS DE LODOS ATIVADOS CONVENCIONAL

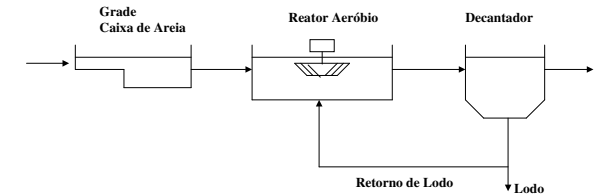
- ⇒ θ_H : 6 – 8 horas
- ⇒ θ_C : 4 – 10 dias



A concentração de biomassa no reator é bastante elevada, devido à recirculação dos sólidos (bactérias) sedimentados no fundo do decantador secundário. A biomassa permanece mais tempo no sistema do que o líquido, o que garante uma elevada eficiência na remoção de DBO. Há necessidade da remoção de uma quantidade de lodo (bactérias) equivalente à que é produzida. Este lodo removido necessita de uma estabilização na etapa de tratamento do lodo. O fornecimento de oxigênio é feito por aeradores mecânicos ou ar difuso. A montante de reator há uma unidade de decantação primária, de forma a remover os sólidos sedimentáveis do esgoto bruto.

LODOS ATIVADOS AERAÇÃO PROLONGADA

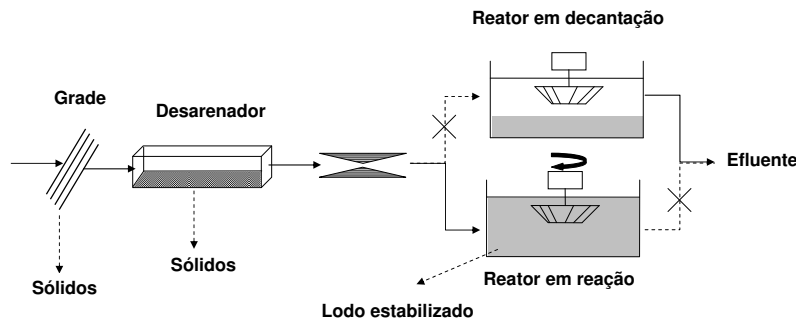
- ⇒ θ_H : 16 – 24 horas
- ⇒ θ_C : 18 – 30 dias



Similar ao sistema convencional, com a diferença de que a biomassa permanece mais tempo no sistema (os tanques de aeração são maiores). Com isto, há menos DBO disponível para as bactérias, o que faz com que elas se utilizem da matéria orgânica do próprio material celular para a sua manutenção. Em decorrência, o lodo excedente retirado já sai estabilizado. Não se incluem usualmente unidades de decantação primária.

LODOS ATIVADOS EM REATOR DE BATELADA

- ⇒ Ciclos de operação



CÁLCULO DO VOLUME DO REATOR

$$V = \frac{Y \cdot \theta_c \cdot Q \cdot (S_0 - S)}{X_v \cdot (1 + K_d \cdot f_b \cdot \theta_c)}$$

Y: coeficiente de produção celular (massa de sólidos em suspensão voláteis produzidos por unidade de massa de DBO removida) (g/g). 0,4 – 0,8 $g_{SSV}/g_{DBO \text{ removida}}$ – faixa mais comum 0,5-0,8 g/g.

K_d: coeficiente de respiração endógena (d⁻¹) – 0,06 a 0,10 $mg_{SSV}/mg_{SSV} \cdot d$

Q: vazão (m³/d)

S₀: concentração de DBO no afluente (mg/L ou g/m³)

S: concentração de DBO no efluente (mg/L ou g/m³)

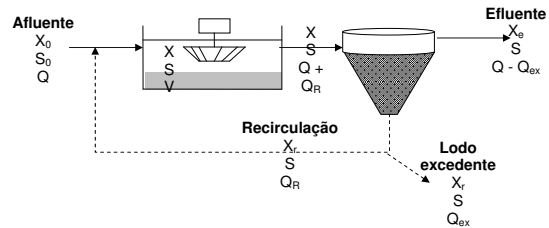
X_v: concentração de sólidos voláteis em suspensão, SSV (mg/L ou g/m³)

Lodos ativados convencional: 1.500 a 3.500 mg_{SSV}/L

Aeração prolongada: 2.500 a 4000 mg_{SSV}/L

θ_c : tempo de residência celular ou tempo de retenção celular ou idade do lodo(dias)

$$\theta_c = \frac{\text{massa de sólidos no sistema}}{\text{massa de sólidos retirada do sistema por unidade de tempo}}$$



Sem recirculação: $\theta_c = \frac{X_v \cdot V}{X_v \cdot Q} \Rightarrow \theta_c = \frac{V}{Q} \Rightarrow \theta_c = t = \theta_H$

Com recirculação: $\theta_c = \frac{X_v \cdot V}{(Q - Q_{ex})X_{ve} + Q_{ex} \cdot X_{vr}} \Rightarrow \theta_c = \frac{X_v \cdot V}{Q_{ex} \cdot X_{vr}}$

f_b : fração biodegradável dos sólidos em suspensão (X_b/X_v)

- Sólidos totais em suspensão (X):

√ sólidos inorgânicos fixos (X_i)

√ sólidos orgânicos voláteis (X_v)

▪ sólidos orgânicos voláteis não biodegradáveis (X_{nb})

▪ sólidos orgânicos voláteis biodegradável (X_b)

$$f_b = \frac{f_b'}{1 + (1 - f_b') \cdot K_d \cdot \theta_c}$$

f_b : fração biodegradável dos SSV gerados no sistema (X_b/X_v) submetidos a uma idade do lodo θ_c .

f_b' : fração biodegradável dos SSV imediatamente após a sua geração no sistema, ou seja, $\theta_c=0$. Tal valor é tipicamente igual a 0,80.

K_d : coeficiente de respiração endógena (d^{-1}) – 0,06 a 0,10 $mg_{SSV}/mg_{SSV} \cdot d$

Exemplo: Calcular o volume do reator nos seguintes sistemas:

- Lodos ativados convencional, $\theta_c = 6$ d; $X_v = 2.500$ mg/L

- Aeração prolongada, $\theta_c = 22$ d; $X_v = 3.000$ mg/L

Dados gerais:

- $Q = 1.500$ m³/d

- $S_0 = 300$ mg/L

- $S = 5$ mg/L

- $Y = 0,7$ (assumido)

- $K_d = 0,09$ d⁻¹ (assumido)

- $f_b' = 0,8$ (adotado)

$$V = \frac{Y \cdot \theta_c \cdot Q \cdot (S_0 - S)}{X_v \cdot (1 + K_d \cdot f_b \cdot \theta_c)}$$

√ Dimensionamento do reator é função da idade do lodo (θ_c)

Exemplo: Calcular o volume do reator e o tempo de detenção hidráulica para um despejo industrial num sistema de lodos ativados convencional. Adotar os mesmos parâmetros do exemplo anterior e comparar os resultados.

Dados do despejo industrial:

- $Q = 300$ m³/d

- $S_0 = 1.500$ mg/L

- $S = 25$ mg/L (mesma eficiência do exemplo anterior)

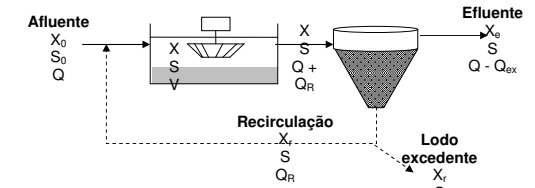
RECIRCULAÇÃO DO LODO

A recirculação do lodo tem como objetivo manter uma alta concentração de sólidos no reator e uma idade de lodo maior que o tempo de detenção hidráulica ($\theta_c > t$ ou θ_H).

⇒ Qualidade do lodo sedimentado no decantador secundário

- ✓ quanto mais concentrado, menor vazão recirculação
- ✓ boa decantabilidade e adensabilidade, lodo com maior concentração de SS

RECIRCULAÇÃO DO LODO



⇒ Razão de recirculação (R)

$$R = \frac{Q_R}{Q}$$

⇒ Balanço de massa em reator de mistura completa (estado estacionário):

Acumulação = Entrada – Saída + Produção – Consumo

- Acumulação = 0 (não há acúmulos de massa no estado permanente)
- Produção = Consumo (o crescimento bacteriano é igual retirada de lodo excedente)
- Entrada = Carga de SS esgoto bruto + Carga SS lodo recirculada
- Saída = Carga SSTA

Entrada = Saída

$$Q_R \cdot X_r = (Q + Q_R) \cdot X$$

$$R = \frac{Q_R}{Q} = \frac{X}{X_r - X}$$

RECIRCULAÇÃO DO LODO

Exemplo: Calcular a razão e a vazão de recirculação necessária para se manter uma concentração de SS no reator do exemplo anterior igual a 3.125 mg/L, sabendo-se que o lodo de recirculação possui uma concentração média de 10.000 mg/L.

REMOÇÃO DO LODO EXCEDENTE

⇒ Retirada do lodo excedente no reator (Controle hidráulico do sistema)

$$Q_{ex} = \frac{V}{\theta_c}$$

⇒ Retirada do lodo excedente na linha de recirculação

$$Q_{ex} = \frac{V}{\theta_c} \cdot \frac{X}{X_r}$$

- ✓ Retirada na linha de recirculação implica numa menor vazão Q_{ex} , implicando menor vazão de lodo a ser tratado.
- ✓ No controle hidráulico, caso se deseje manter umidade de lodo de 20 dias, basta retirar 1/20 do volume do reator por dia.

REMOÇÃO DO LODO EXCEDENTE

Exemplo: Determinar a quantidade de lodo excedente a ser removida diariamente (remoção no reator e remoção na linha de recirculação) e a respectiva carga de sólido para o sistema de lodos ativados com as seguintes características:

- $Q = 1.500 \text{ m}^3/\text{d}$
- $\theta_c = 6 \text{ dias}$
- $X = 3.125 \text{ mg/L}$
- $X_r = 10.000 \text{ mg/L}$

SISTEMAS DE AERAÇÃO

Nos sistemas de tratamento biológico aeróbio, o oxigênio deve ser fornecido para satisfazer às seguintes demandas:

- ⇒ **Oxidação da matéria orgânica carbonácea**
 - √ oxidação do carbono orgânico para fornecer energia para a síntese bacteriana;
 - √ respiração endógena das células bacterianas.
- ⇒ **Nitrificação**
- ⇒ **Principais formas de aeração**
 - √ Introduzir ar ou oxigênio no líquido (aeração por ar difuso)
 - √ Causar grande turbilhonamento, expondo o líquido, na forma de gotículas, ao ar, e ocasionando a entrada do ar atmosférico no meio líquido (aeração superficial ou mecânica)

SISTEMAS DE AERAÇÃO⇒ **Condições relativas ao oxigênio**

- √ satisfazer as necessidade de metabolismo dos organismos
- √ através do ar injetado manter uma agitação completa no tanque de aeração:
 - evitando a sedimentação e manter os flocos em contato íntimo com os organismos presentes no meio
 - retirada de vários produtos voláteis de metabolismo

SISTEMAS DE AERAÇÃO – AERADORES SUPERFICIAIS⇒ **Principais mecanismos de transferência de oxigênio por aeradores superficiais:**

- √ Transferência do oxigênio atmosférico às gotas e finas películas de líquidos aspergidos no ar (cerca de 60 % da transferência total)
- √ Transferência do oxigênio na interface ar-líquido, onde as gotas em queda entram em contato com o líquido no reator (cerca de 30 % da transferência total)
- √ Transferência do oxigênio por bolhas de ar transportadas da superfície ao seio da massa líquida (cerca de 10 % da transferência)

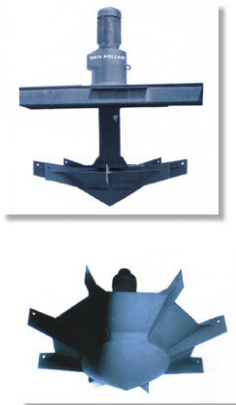
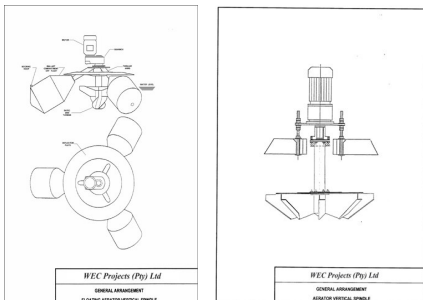
SISTEMAS DE AERAÇÃO – AERADORES SUPERFICIAIS

⇒ **Classificação dos aeradores com relação ao eixo de rotação:**

- √ Aeradores de eixo vertical (baixa rotação, fluxo radial; alta rotação, fluxo axial)
- √ Aeradores de eixo horizontal

⇒ **Classificação dos aeradores com relação à fixação:**

- √ Aeradores fixos
- √ Aeradores flutuantes



Prof. Carlos Ernando da Silva - Tratamento de Resíduos e Impactos Ambientais – UFSM/CT/HDS

SISTEMAS DE AERAÇÃO – AERADORES SUPERFICIAIS



Prof. Carlos Ernando da Silva - Tratamento de Resíduos e Impactos Ambientais – UFSM/CT/HDS

SISTEMAS DE AERAÇÃO – AERADORES POR AR DIFUSO

⇒ Composto por difusores submersos no líquido, tubulações distribuidoras de ar, tubulações de transporte de ar, sopradores e outras unidades por onde o ar passa.

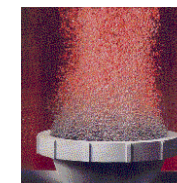
⇒ O ar é introduzido próximo ao fundo do tanque, e o oxigênio é transferido ao meio líquido à medida que a bolha se eleva à superfície.

⇒ **Classificação dos sistemas de ar difuso com relação à porosidade do difusor e segundo tamanho de bolha produzida:**

- √ Difusor poroso (bolhas finas e médias): prato, disco, domo, tubo.
- √ Difusor não poroso (bolhas grossas): tubos perfurados ou ranhuras
- √ Outros sistemas: aeração por jatos, por aspiração, tubo em U.

Prof. Carlos Ernando da Silva - Tratamento de Resíduos e Impactos Ambientais – UFSM/CT/HDS

SISTEMAS DE AERAÇÃO – AERADORES POR AR DIFUSO



Prof. Carlos Ernando da Silva - Tratamento de Resíduos e Impactos Ambientais – UFSM/CT/HDS