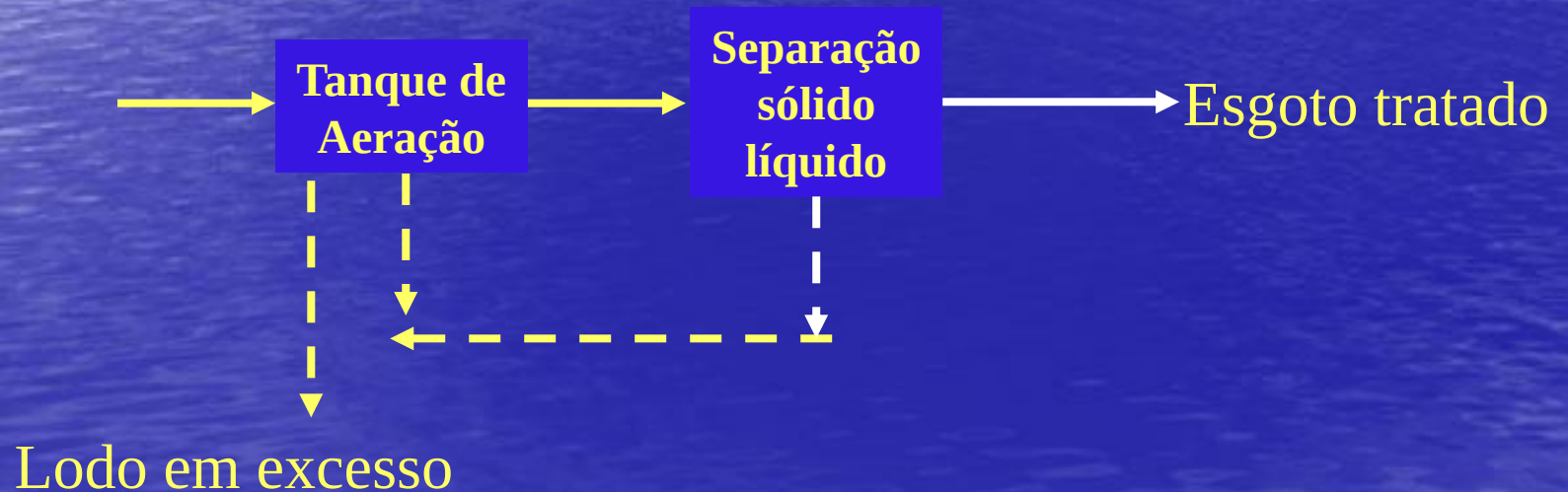




PROCESSO DE LODO ATIVADO

PROCESSO DE LODO ATIVADO

- Processo aeróbio
- Crescimento em suspensão (Flocos biológicos)
- Retenção de biomassa (Retorno de lodo a partir dos decantadores secundários)
- Sistema de aeração
 - Ar difuso
 - Aeração superficial

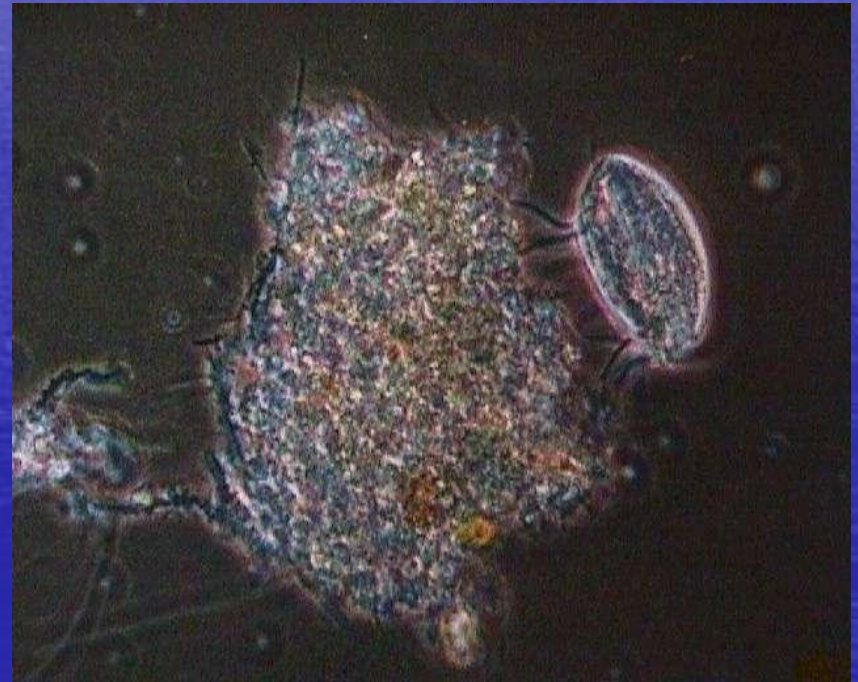


PROCESSO DE LODO ATIVADO

CONDIÇÕES AMBIENTAIS

- Disponibilidade de oxigênio
- Disponibilidade de nutrientes (N e P)
- pH adequado (Neutro)
- Ausência de substâncias tóxicas
- Temperatura

PROCESSO DE LODO ATIVADO LODO BIOLÓGICO



TANQUE DE AERAÇÃO ETE PARQUE NOVO MUNDO



TANQUE DE AERAÇÃO ETE PARQUE NOVO MUNDO



SOPRADOR DE AR ETE PARQUE NOVO MUNDO



TANQUE DE AERAÇÃO ETE SUZANO





SISTEMAS DE AERAÇÃO POR AERADORES SUPERFICIAIS



SISTEMAS DE AERAÇÃO POR AERADORES SUPERFICIAIS



DECANTADOR SECUNDÁRIO ETE ABC

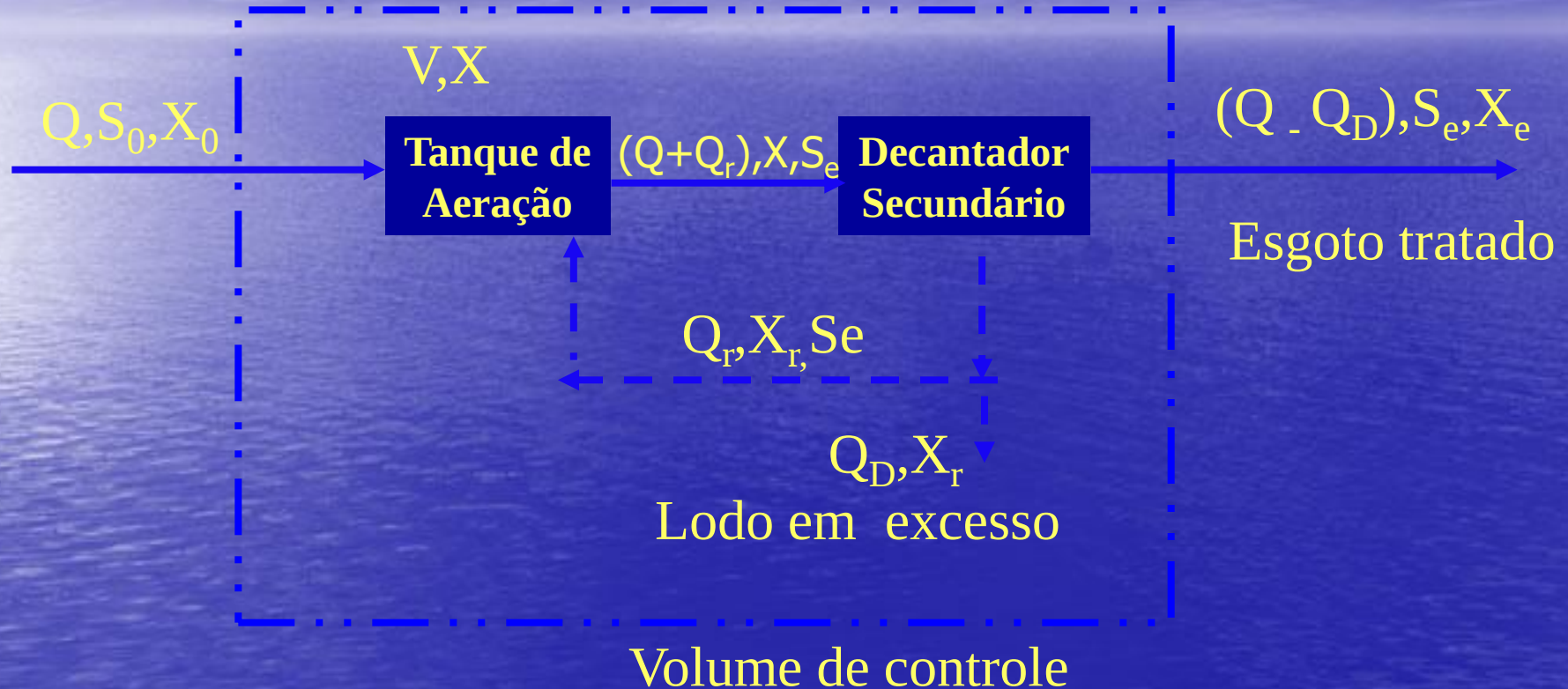


PROCESSO DE LODO ATIVADO

MODELAÇÃO MATEMÁTICA

- O reator biológico comporta-se como um reator de mistura completa
- Substrato: Matéria orgânica biodegradável
- Substrato (Quantificação): $DBO_{5,20}$
- Microrganismos (Quantificação): SSV
- Cultura microbiana heterogênea
- Macro e micro-nutrientes em excesso
- Presença de oxigênio

PROCESSO DE LODOS ATIVADOS



Balanço de massa de substrato em torno do tanque de aeração:

$$Q \cdot S_o + Q_r \cdot S_e - (Q + Q_r) \cdot S_e - V \cdot \delta S / \delta t = 0$$

Definindo-se a taxa específica de utilização do substrato, U:

$$U = \frac{\text{massa de substrato (KgDBO) consumido por dia}}{\text{massa de células (KgSSV) no reator}} \Rightarrow$$

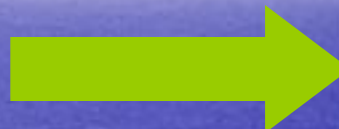
$$U = \frac{\delta S / \delta t}{X} \Rightarrow \delta S / \delta t = U \cdot X$$

$$\therefore Q \cdot S_o + Q_r \cdot S_e - Q \cdot S_e - Q_r \cdot S_e - V \cdot U \cdot X = 0 \Rightarrow$$

$$U = \frac{Q \cdot (S_o - S_e)}{V \cdot X} \quad (A/M) = \frac{Q \cdot S_o}{V \cdot X}$$

CONTROLE DO PROCESSO DE LODO ATIVADO

Baixa concentração de $\text{DBO}_{5,20}$ solúvel no efluente final



Controle da idade do lodo

Baixa concentração de SST no efluente final



- Operação adequada dos decantadores secundários
- Controle da sedimentabilidade do lodo

$$IVL = \left(\frac{\text{Sólidos se dim entáveis em 30 min (ml / l)}}{\text{Sólidos em suspensão totais (mg / l)}} \right) \cdot 1000$$

Significado físico: Volume ocupado (em ml) por 1 grama de lodo biológico

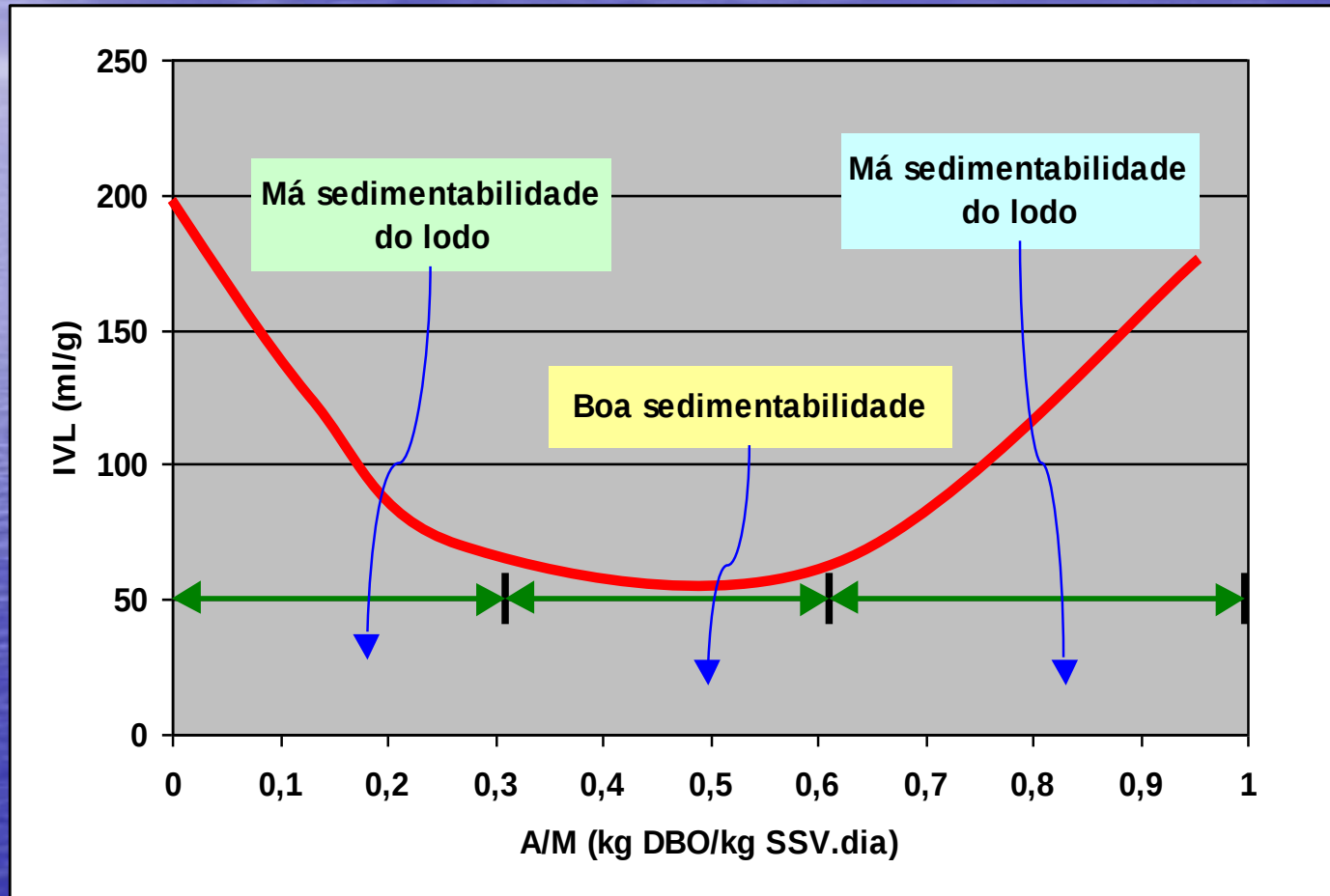


IVL

Flutuação de Lodo no Decantador Secundário



RELAÇÃO A/M E SEDIMENTABILIDADE DO LODO



Tempo Médio de Residência Celular (Idade do Lodo)

$$\theta_c = \frac{\text{massa de células (KgSSV) no tanque de aeração}}{\text{massa de células (KgSSV) descarregadas por dia}}$$

$$\theta_c = \frac{V \cdot X}{Q_d \cdot X_r + (Q - Q_d) \cdot X_e}$$

Desprezando-se as perdas com o efluente final:

$$\theta_c = \frac{V \cdot X}{Q_d \cdot X_r}$$

Considerando-se a retirada de lodo diretamente do tanque de aeração:

$$\theta_c = \frac{V \cdot X}{Q_d \cdot X} \Rightarrow \theta_c = \frac{V}{Q_d}$$

Balanço de massa de microrganismos (SSV) no sistema:

$$Q \cdot X_o - [Q_d \cdot X_r + (Q - Q_d) \cdot X_e] + V \cdot \delta X / \delta t = 0$$

Onde $\delta X / \delta t$ representa o crescimento global de microrganismos

Crescimento biológico:

$$\mu = \frac{\text{massa de células (KgSSV) produzidas por dia}}{\text{massa de células (KgSSV) no reator}}$$

Decaimento por metabolismo endógeno:

$$k_d = \frac{\text{massa de células (KgSSV) destruídas por dia}}{\text{massa de células (KgSSV) no reator}} \Rightarrow$$

Crescimento Líquido

$$\mu' = \mu - k_d$$

$$\delta X / \delta t = (\mu - k_d) \cdot X$$

$$- [Q_d \cdot X_r + (Q - Q_d) \cdot X_e] + V \cdot X \cdot (\mu - k_d) = 0$$

$$\mu - k_d = \frac{[Q_d \cdot X_r + (Q - Q_d) \cdot X_e]}{V \cdot X} \Rightarrow 1 / \theta_c = \mu - k_d$$

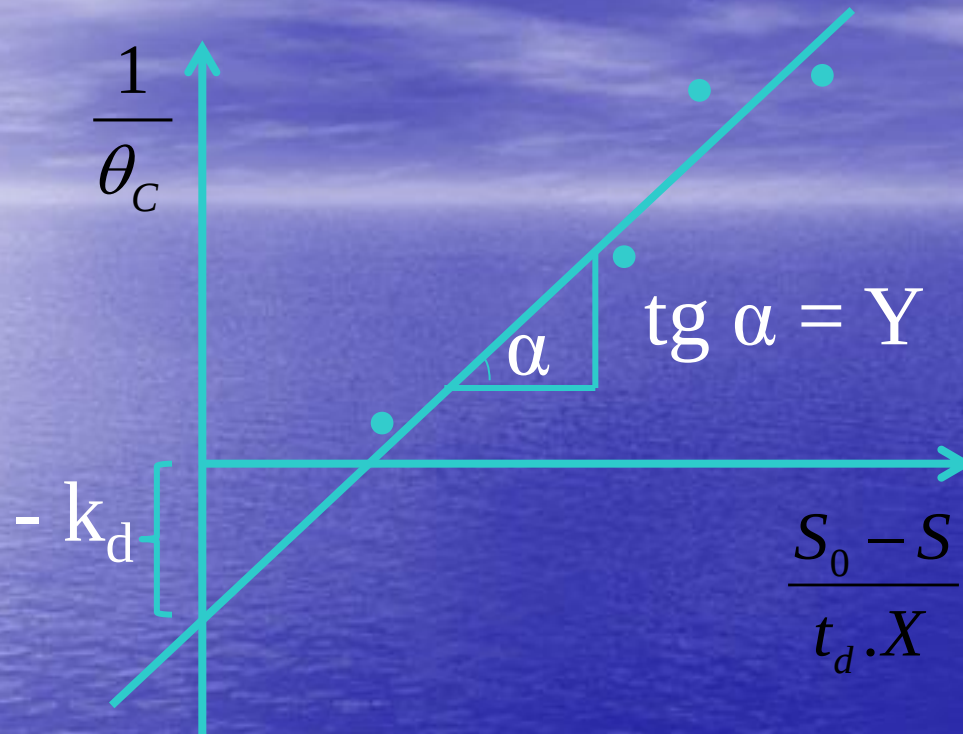
Coeficiente de síntese celular, Y:

$$\mu = Y \cdot U \Rightarrow 1 / \theta_c = Y \cdot U - k_d$$

$$U = \frac{S_o - S_e}{t_d \cdot X} \Rightarrow$$

$$1 / \theta_c = Y \cdot \frac{S_o - S_e}{t_d \cdot X} - k_d$$

- Em Laboratório:

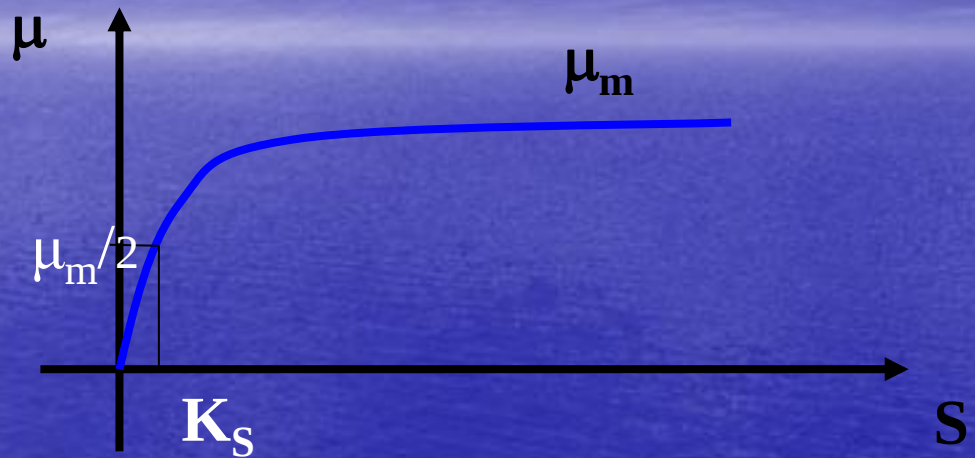


Obtenção dos Coeficientes Cinéticos Y e k_d

Modelo de Monod (1949/1950)

Crescimento de microrganismos em sistemas contínuos

$$\mu = \frac{\mu_m \cdot S}{K_s + S}$$



S = Concentração de Substrato ($M.L^{-3}$) (ex: $mgDQO.L^{-1}$)

μ = velocidade específica de crescimento celular (T^{-1})

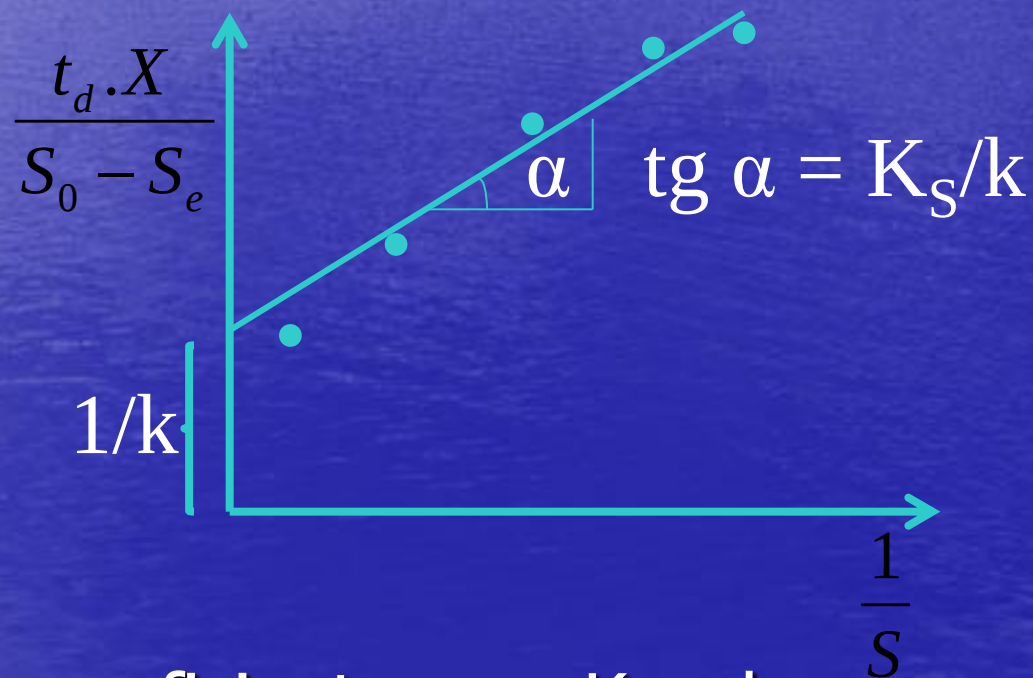
μ_m = velocidade específica máxima de crescimento celular (T^{-1})

K_s = constante de $\frac{1}{2}$ saturação do substrato ($M.L^{-3}$)

$$\left\{ \begin{array}{l} \mu = Y \cdot U \\ \mu = \frac{\mu_m \cdot S}{K_S + S} \end{array} \right.$$

$$\frac{t_d \cdot X}{S_0 - S_e} = \frac{K_S}{k} \cdot \frac{1}{S} + \frac{1}{k}$$

$$\mu_m = Y \cdot k$$



Obtenção dos coeficientes μ_m , K_S e k

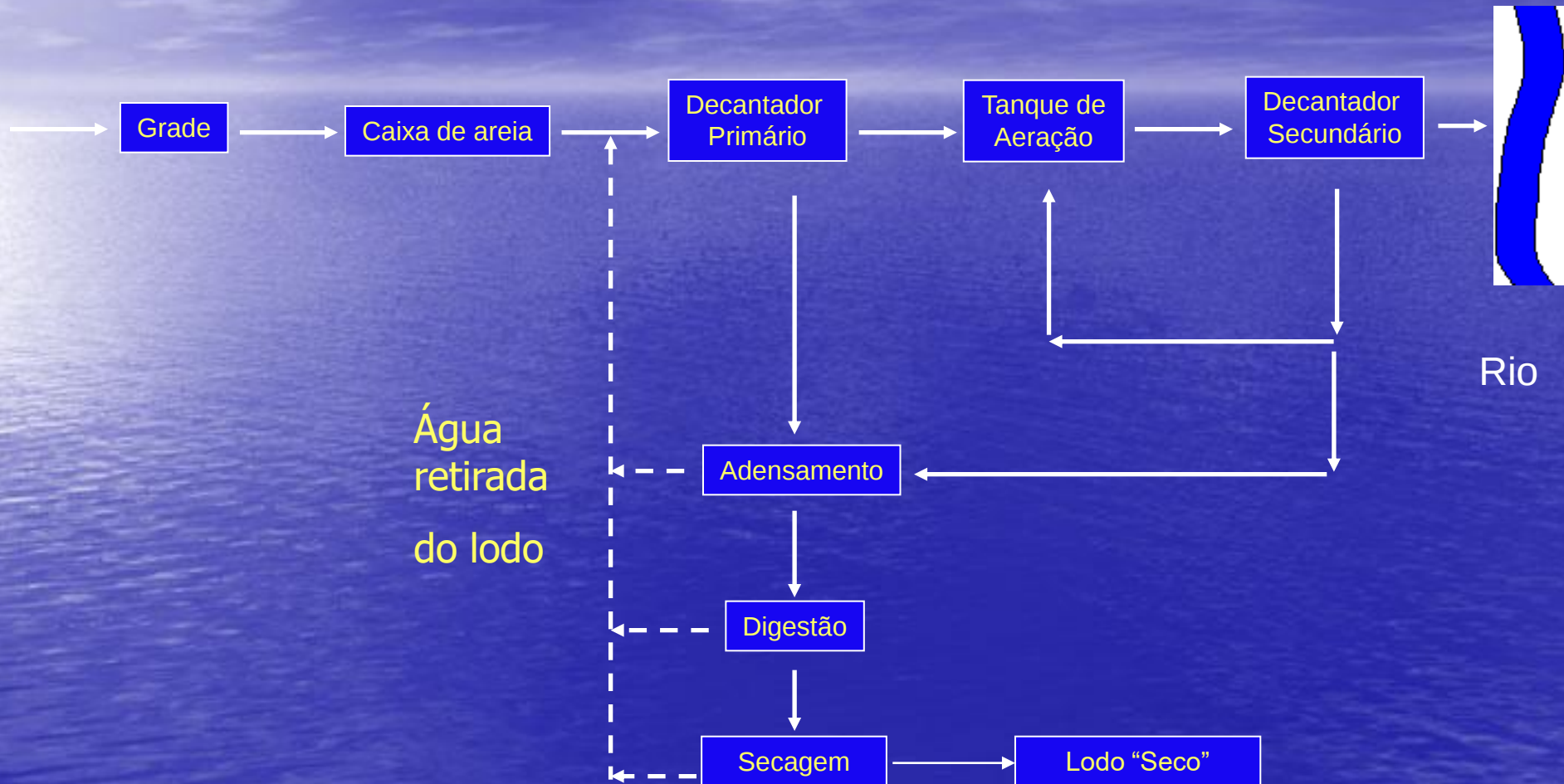
CLASSIFICAÇÃO DOS SISTEMAS DE LODO ATIVADO – NBR -12.209 (ABNT)

	Alta Taxa	Convencional	Aeração Prolongada
Objetivo	Somente remoção de DBO	Remoção de DBO + Nitrificação	Rem. DBO + Nitriif + Estabiliz. do lodo
Relação A/M (kgDBO ₅ /kgSSV.d)	0,7 – 1,1	0,2 – 0,7	≤ 0,15
Idade do Lodo (d)	2 a 4	4 a 15	> 18
Necessidade de O ₂	≥ 1,5	≥ 2,5	≥ 2,5
Conc. SST no TA (mg/L)	1.500 a 4.500		
Conc. O ₂ no TA (mg/L)	> 1,5		
Densid. de Potência no TA (W/m ³)	> 10		

PROCESSO DE LODO ATIVADO

Dimensionamentos

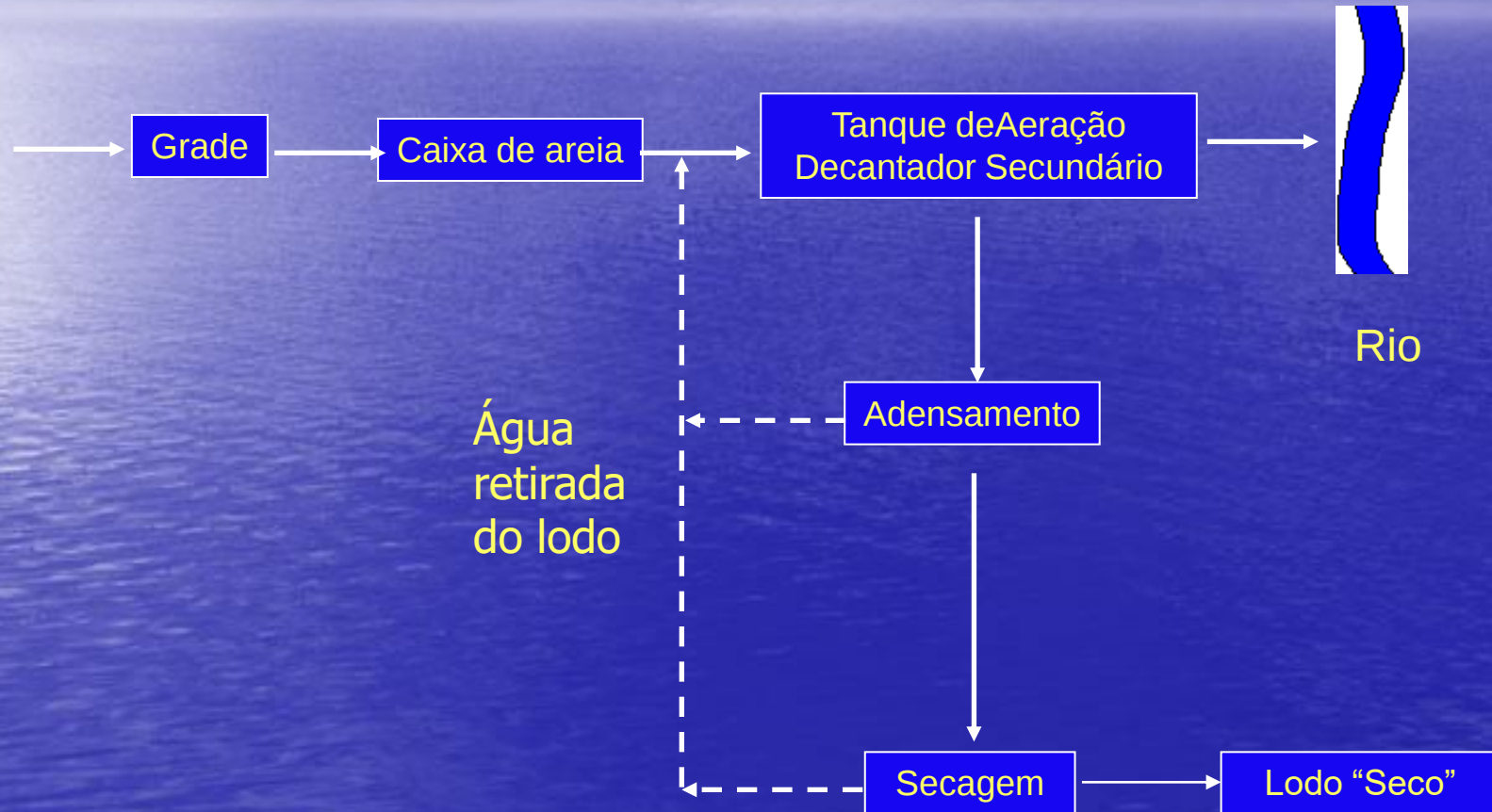
PROCESSO DE LODO ATIVADO CONVENCIONAL



PROCESSO DE LODO ATIVADO COM AERAÇÃO PROLONGADA



PROCESSO DE LODO ATIVADO COM AERAÇÃO PROLONGADA EM BATELADA



CLASSIFICAÇÃO DOS SISTEMAS DE LODO ATIVADO – NBR -12.209 (ABNT)

	Alta Taxa	Convencional	Aeração Prolongada
Objetivo	Somente remoção de DBO	Remoção de DBO + Nitrificação	Rem. DBO + Nitriif + Estabiliz. do lodo
Relação A/M (kgDBO ₅ /kgSSV.d)	0,7 – 1,1	0,2 – 0,7	≤ 0,15
Idade do Lodo (d)	2 a 4	4 a 15	> 18
Necessidade de O ₂	≥ 1,5	≥ 2,5	≥ 2,5
Conc. SST no TA (mg/L)	1.500 a 4.500		
Conc. O ₂ no TA (mg/L)	> 1,5		
Densid. de Potência no TA (W/m ³)	> 10		

SISTEMA DE LODO ATIVADO CONVENCIONAL

	População Atendida (hab.)	Vazão média de esgotos		Carga de DBO (kg/dia)
		m ³ /d	L/s	
1ª ETAPA	224.933	53.482	619	14.752
2ª ETAPA	233.877	57.000	660	17.017

Volume de tanques de aeração

Decantador primário: 30% na remoção de DBO

Carga afluyente aos tanques de aeração (2ª etapa)

$$\text{Carga DBO} = 0,7 \times 17.017 = 11.912 \text{ kg/d}$$

$$(A/M) = 0,3 \text{ kgDBO} / \text{kgSSV.d}$$

$$X_v = 2,5 \text{ kg/m}^3$$

$$V_{TA} = 11.912 / (2,5 \times 0,3) = 15.882 \text{ m}^3$$

(4 Tanques de 3.970 m³)

Sistema de aeração

- **Necessidade de oxigênio**
2,0 kgO₂ / kg DBO aplicada

$$NEC_{O_2} = (2,0 \times 11.912) / 24 = 993 \text{ kgO}_2/\text{hora}$$

- **Aeradores superficiais de baixa rotação:**
Capacidade de transferência de oxigênio:
Catálogo: 1,5 kgO₂/cv.h
Campo: 0,9 kgO₂/cv.h (60%)
- **Potência necessária:**
 $P_{NEC} = 993 / 0,9 = 1.103 \text{ CV}$ ou
 $1.103 / 4 = 276 \text{ cv por tanque}$

Aeração por ar difuso

- massa específica do ar igual: $1,2 \text{ kg/m}^3$
- Porcentagem de O_2 no ar: 23,2 %
- Transferência de oxigênio: 15% em campo ($H_U = 6 \text{ m}$)
- Vazão de ar

$$Q_{\text{AR}} = 993 / (1,2 \times 0,232 \times 0,15 \times 60) = 750 \text{ m}^3 \text{ ar/min}$$

pressão do soprador: $6 + 1 = 7 \text{ m.c.a.}$

Dimensões dos Tanques de Aeração

- 06 (seis) aeradores de 50 cv por tanque
- Dimensões dos tanques
Comprimento: 81,0 m
Largura: 13,5 m
Profundidade útil: 4,0 m
Profundidade total: 5,0 m
- Volume útil:
 $V_u = 4,0 \times 13,5 \times 81,0 = 4.374 \text{ m}^3$ por tanque
ou $4.374 \times 4 = 17.496 \text{ m}^3$ (total)

Características Resultantes

- Relação A/M

$$A/M = 11.912 / (17.496 \times 2,5) = 0,27 \text{ kgDBO/kgSSVxdia}$$

- Densidade de potência

$$d_p = (300 \times 735) / 4.374 = 50 \text{ w} / \text{m}^3$$

- Tempo de detenção hidráulica

$$t_d = 17.496 / (57.000 / 24) = 7,4 \text{ horas}$$

Condições na 1ª Etapa com 3 tanques

- $A/M = (0,7 \times 14.752) / (2,5 \times 3,0 \times 4.374)$
 $= 0,31 \text{ kgDBO/kgSSV.d}$
- $\text{Nec O}_2 = (2,0 \times 10.326) / 24 = 860 \text{ kg O}_2 / \text{h}$
- $P_{\text{NEC}} = 860 / 0,9 = 956 \text{ CV}$
- $t_d = (3 \times 4.374) / (53.482 / 24) = 5,9 \text{ h}$

Vazão de Retorno de Lodo

- Hipótese: lodo sedimentado no fundo do decantador secundário a uma concentração de $8,0 \text{ kg/m}^3$
- Balanço de massa: $(Q + Q_r) \cdot X = Q_r \cdot X_r$
Dividindo-se por Q e fazendo-se $r = Q_r / Q$, tem-se:
 $(1 + r) \cdot X = r \cdot X_r$
- Para $X_v = 2,5 \text{ kg/m}^3$ e $X_v = 0,8 X$, $X = 3,2 \text{ kg/m}^3$.
Para $X_r = 8,0 \text{ kg/m}^3$, tem-se:
 $r = 0,67$ e $Q_r = 0,67 \times 660 = 440 \text{ L/s}$ ou
110 L/s por módulo, na segunda etapa.

Produção de excesso de lodo biológico

- Em massa:

$$\Delta X = 0,65 \text{ kg SS / Kg DBO}$$

$$\Delta X = 0,65 \times 11.912 = 7.743 \text{ kg SS / dia}$$

- Vazão de Lodo

Para lodo com 8,0 kgSS/m³

$$Q_{\text{LODO}} = 7.743 / 8 = 968 \text{ m}^3/\text{d}$$

- Idade do lodo resultante:

$$\theta_c = V.X / \Delta X = (17.496 \times 3,2) / 7.743 = 7,2 \text{ d}$$

Decantadores Secundários

- Área superficial de decantadores secundários

Taxa de aplicação de sólidos $G_A = 4,0 \text{ kg SS} / \text{m}^2 \cdot \text{h}$

$$G_A = \frac{(Q + Q_r) \cdot X}{A_s}$$

$$A_s = \frac{(Q + Q_r) \cdot X}{G_A}$$

$$A_s = \frac{1,67 \times 57000 \times 3,2}{4} = 3.173 \text{ m}^2 \text{ ou } 3.173 / 4 = 793 \text{ m}^2$$

por decantador

- Quatro decantadores secundários com $D = 32 \text{ m}$
- $A_s = 804,25 \text{ m}^2$ por decantador e área total de 3.217 m^2
- Taxa de aplicação de sólidos resultante

$$G_A = \frac{1,67 \times 57000 \times 3,2}{3.217 \times 24} = 3,95 \text{ kg SS / m}^2 \times \text{hora}$$

- Taxa de escoamento superficial resultante

$$q_A = \frac{Q}{A_s} = 57.000 / 3.217 = 17,7 \text{ m}^3/\text{m}^2.\text{d}$$

- Volume útil dos decantadores secundários

Profundidade útil $H_u = 3,5 \text{ m}$

$V_u = 3,5 \times 804,25 = 2.815 \text{ m}^3$ por decantador
(volume total de 11.260 m^3)

- Tempo de detenção hidráulica resultante:

$$t_d = (11.260 \times 24) / 57.000 = 4,7 \text{ horas}$$

- Taxa de escoamento nos vertedores de saída:

$$q_L = 57.000 / (4 \times \pi \times 32) = 142 \text{ m}^3/\text{m}^2/\text{d}$$

Verificação com 3 decantadores na 1ª Etapa

- Taxa de aplicação de sólidos:

$$G_A = \frac{1,67 \times 53482 \times 3,2}{3 \times 804,25 \times 24} = 4,9 \text{ kg SS / m}^2 \times \text{hora}$$

- Taxa de escoamento superficial:

$$q_A = \frac{Q}{A_s} = 53482 / 3 \times 804,25 = 22,2 \text{ m}^3/\text{m}^2.\text{d}$$

- Tempo de detenção hidráulico:

$$t_d = (3 \times 2815 \times 24) / 53482 = 3,8 \text{ horas}$$

Exercício de Dimensionamento Processo de Lodos Ativados com Aeração Prolongada de Fluxo Contínuo

Dados:

População atendida: 68352 habitantes

Vazão média de esgotos: 126,6 L/s

Carga de DBO: 3.691 kg/d

Volume necessário de tanques de aeração:

Carga DBO = 3.691 kg/d

Considerando-se:

- fator de carga $f = 0,08 \text{ kgDBO/kgSS.d}$
- SSTA (X) = 4,0 kg SS / m³

volume necessário de tanques de aeração:

$$V_{TA} = \frac{3.691}{0,08 \times 4,0} = 11.534 \text{ m}^3$$

Necessidade de oxigênio

$$NEC_{O_2} = 2,5 \text{ kgO}_2 / \text{kgDBOaplicada}$$

$$NEC_{O_2} = 2,5 \times 3.691 = 9.228 \text{ kg O}_2$$

Considerando-se que o sistema de aeração deverá funcionar 24 horas por dia:

$$NEC_{O_2} = 9.228 / 24 = 385 \text{ kgO}_2/\text{h}$$

Sistema de Aeração

- Aeradores superficiais de baixa rotação
Capacidade de transferência de oxigênio 0,9 kg O₂ / cv . hora (em campo)
- Potência total a ser instalada nos tanques
- $P_{NEC} = 385 / 0,9 = 427 \text{ cv}$ ou $427 / 4 = 107 \text{ cv por tanque (4 tanques de aeração)}$

Dimensões dos tanques de aeração

- 04 (quatro) aeradores de 30 cv por tanque de aeração, dispostos em duas fileiras de dois aeradores

Dimensões dos tanques:

- Comprimento: 27 m
- Largura: 27 m
- Profundidade útil: 4 m
- Profundidade total: 5 m
- Volume útil resultante:
- $V_u = 4 \times 27 \times 27 = 2.916 \text{ m}^3$ por tanque ou
 $2.916 \times 4 = 11.664 \text{ m}^3$ (total)

- **Fator de carga resultante:**

$$f = 3.691 / (11.664 \times 4,0) = \\ = 0,079 \text{ kgDBO/kgSS.dia}$$

- **Densidade de potência resultante:**

$$d_p = (120 \cdot 735) / 2.916 = 30 \text{ w} / \text{m}^3$$

- **Tempo de detenção hidráulica resultante:**

$$t_d = 11.664 / (126,6 \times 3,6) = 25,6 \text{ horas}$$

Vazão de retorno de lodo

- Lodo sedimentado no fundo do decantador secundário a uma concentração de 8 kg/m^3

BALANÇO DE MASSA

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

Dividindo-se por Q e fazendo-se $r = Q_r / Q$

$$(1 + r) \cdot X = r \cdot X_r$$

Para $X = 4 \text{ kg/m}^3$ e $X_r = 8 \text{ kg/m}^3$

$r = 1$ e $Q_r = 126,6 \text{ L/s}$ (31,65 L/s por módulo)

Decantadores secundários

- Área superficial

Taxa de aplicação de sólidos

$$G_A = 4 \text{ kg SS} / \text{m}^2 \cdot \text{h}$$

$$G_A = \frac{(Q + Q_r) \cdot X}{A_s}$$

$$A_s = \frac{(Q + Q_r) \cdot X}{G_A}$$

$$A_s = \frac{2 \cdot 126,6 \cdot 3,6 \cdot 4,0}{4} = 911,5 \text{ m}^2$$

- 04 (quatro) decantadores com $D = 17 \text{ m}$
- Taxa de escoamento superficial resultante:

$$q_A = \frac{Q}{A_s} = 126,6 \times 3,6 / 911,5 = 12 \text{ m}^3/\text{m}^2.\text{d}$$

- Volume útil dos decantadores

$$H_u = 3,5 \text{ m}$$

$$V_u = 911,5 \times 3,5 = 3.189 \text{ m}^3$$

- Tempo de detenção hidráulica resultante:

$$t_d = 3.189 / (126,6 \times 3,6) = 7,0 \text{ h}$$

Produção de excesso de lodo biológico

- Coeficiente de produção de lodo $\Delta X = 0,6 \text{ kgSS} / \text{Kg DBO}$
 $\Delta X = 0,6 \times 3.691 = 2215 \text{ kg SS} / \text{dia}$
- Para lodo com 8 kgSS/m^3 e massa específica 1010 kg/m^3 , a vazão de excesso de lodo será:

$$Q_{\text{lodo}} = \frac{2.215}{8} = 277 \text{ m}^3/\text{d}$$

- Idade do lodo resultante:

$$\theta_c = V.X / \Delta X = (11.664 \times 4,0) / 2.215 = 21 \text{ dias}$$

Exercício de Dimensionamento – Processo de Lodos Ativados com Aeração Prolongada em Bateladas Sequenciais

- Dados:

População atendida: 68352 habitantes

Vazão média de esgotos: 126,6 L/s

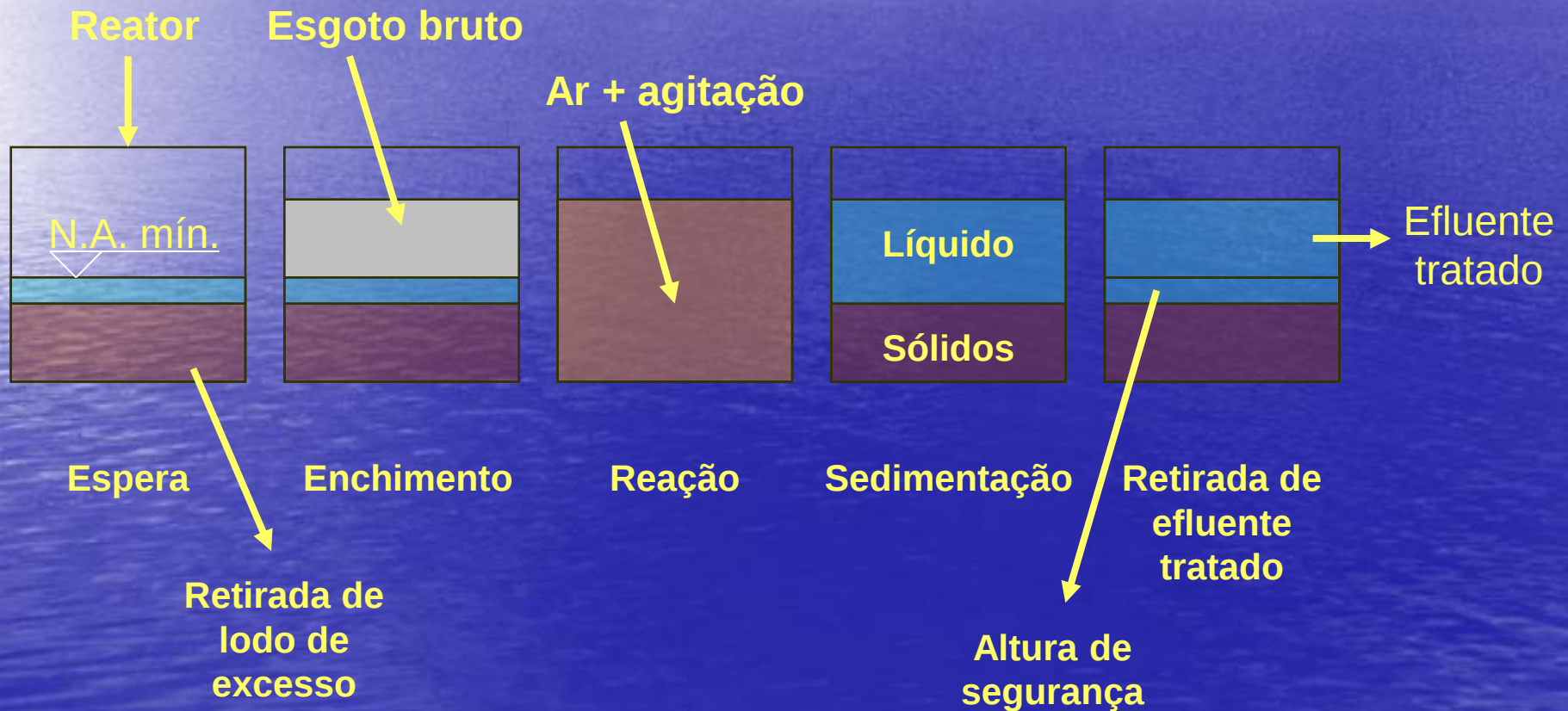
Carga de DBO: 3691 kg/d

- Será considerado o emprego de 04 (quatro) tanques de aeração/decantação.

1) Volume necessário de tanques de aeração/decantação

O volume necessário de tanques de aeração pode ser calculado pela soma do volume ocupado pelo lodo sedimentado com o volume necessário para receber e tratar os esgotos.

LODOS ATIVADOS EM BATELADAS



- Volume ocupado pelo lodo:
Carga de DBO = 3.691 kg/dia
Fator de carga $f = 0,08$ kgDBO / kgSS.d

Quantidade (massa) de lodo necessária nos reatores (V.X)

$$V.X = \frac{3.691}{0,08} = 46.138 \text{ kg SSTA}$$

Considerando-se que o lodo estará sedimentado a uma
Concentração de 8,0 kg/m³

$$V_{\text{Lodo}} = 46.138 / 8,0 = 5767 \text{ m}^3 \text{ ou } 5.767 / 4 = \\ = 1.442 \text{ m}^3 \text{ por tanque}$$

- Volume destinado a receber e tratar os esgotos

Será considerado um ciclo com 06 (seis) horas de duração total, obedecendo ao seguinte esquema operacional:

- Alimentação com aeração: 1 h e 30 min
- Aeração sem alimentação (reação): 2 h e 30 min
- Sedimentação: 40 min
- Descarga do esgoto tratado: 1 h e 20 min

A situação mais desfavorável: alimentação de um tanque durante 1 h e 30 min com a vazão máxima horária

$$V_{\text{Esg}} = 1,5 \times (1,8 \times 126,6) \times 3,6 = 1.230 \text{ m}^3$$

Volume útil de um tanque de aeração: $1.442 + 1.230 = 2.672 \text{ m}^3$

Altura de segurança: 0,60 m

Profundidade útil dos tanques de aeração/decantação : 4,0 m

Área dos tanques: $(1.442 + 1.230) / 3,4 = 786 \text{ m}^2$

Relação comprimento/ largura 4/1 $\Rightarrow (14 \text{ m} \times 56 \text{ m}) = 784 \text{ m}^2$

Volume útil: $784 \times 4 = 3.136 \text{ m}^3$

SSTA: $X = V.X / V = 46.138 / (3.136 / 4) = 3,7 \text{ kg} / \text{m}^3$

- Necessidade de oxigênio
- $Nec_{O_2} = 2,5 \text{ kgO}_2 / \text{kgDBOaplicada}$
- $NEC_{O_2} = 2,5 \times 3.691 = 9.228 \text{ kg/dia}$

Considerando-se que o sistema de aeração deverá funcionar 16 horas por dia, tem-se:

- $NEC_{O_2} = 9.228 / 16 = 577 \text{ kgO}_2/\text{h}$
- Aeradores superficiais de baixa rotação

Capacidade de transferência de oxigênio de $0,9 \text{ kg O}_2 / \text{hora}$

$$P_{NEC} = 577 / 0,9 = 641 \text{ cv ou } 641 / 4 \\ = 160 \text{ cv por tanque}$$

(foram considerados quatro tanques de aeração)

- Produção de excesso de lodo biológico

Coeficiente de produção de lodo:

$\Delta X = 0,6 \text{ kgSS} / \text{Kg DBO}$, tem-se:

$$\Delta X = 0,6 \times 3.691 = 2215 \text{ kg SS} / \text{dia}$$

Para lodo com 8 kgSS/m^3

2.215

$$Q_{\text{lodo}} = \frac{2.215}{8} = 277 \text{ m}^3/\text{d}$$

- Idade do lodo resultante:

$$\theta_c = V.X / \Delta X = 46.138 / 2.215 = 21 \text{ dias}$$

Dimensionamento Alternativo - Sistema de Aeração por Ar Difuso

Sistema de Aeração Escolhido

O sistema de aeração a ser utilizado será por ar difuso, com soprador de ar tipo Roots e difusores de bolha fina, de membrana de EPDM.

Necessidades de Oxigênio

Sendo o sistema de tratamento biológico por aeração prolongada, ocorrerá a nitrificação, o que implica na necessidade de oxigênio para a demanda de nitrificação, além da carbonácea.

Demandas de oxigênio consideradas

$$O_2 \text{ carbonácea} = 1,5 \text{ kgO}_2 / \text{kg DBO}$$

$$O_2 \text{ carbonácea} = 1,5 \times 3691 = 5537 \text{ kg O}_2 / \text{d}$$

$$O_2 \text{ nitrificação} = 4,57 (N - NKT_{\text{disponível}})$$

$$N - NKT_{\text{disponível}} = N - NKT_{\text{afluente}} - 0,10 \Delta X_v - N.AMON_{EFL} \times Q$$

$$N - NTK_{AFL} = 547 \text{ kgN/d}$$

$$\Delta X_v = 2.215 \times 0,7 = 1.551 \text{ kg SSV / d}$$

$$N.AMON_{EFL} = 2 \text{ mg/L}$$

$$N - NKT_{\text{disponível}} = 547 - 0,10 \times 1.551 - 126,6 \times 86,4 \times 0,002$$

$$N - NKT_{\text{disponível}} = 370 \text{ kg N / d}$$

$$O_2 \text{ nitrificação} = 4,57 \times 370 = 1.691 \text{ kg O}_2 / \text{d}$$

$$O_2 \text{ necessário} = 5.537 + 1.691 = 7.228 \text{ kg O}_2 / \text{dia}$$

$$7.228 / 3.691 = 1,96 \text{ kg O}_2 / \text{kg DBO aplicada}$$

Será adotada a necessidade de oxigênio de 2,0 kg O₂ / kg DBO apl.

$$O_2 \text{ nec} = 2 \times 3.691 = 7.382 \text{ kg O}_2 / \text{dia} = 7.382 / 16 = 461 \text{ kg O}_2 / \text{h}$$

Capacidade de Transferência de Oxigênio

N_0 = capacidade de transferência de oxigênio do sistema de aeração, nas condições de teste (água limpa)

N = capacidade de transferência de oxigênio do sistema de aeração, nas condições de campo

$$N = N_0 \cdot \lambda$$

λ = coeficiente de correção para as condições de campo

$$\lambda = \frac{(\beta C_{sw} - C_L) \times 1,02^{T - 20}}{9,17} \times \alpha$$

C_{sw} = concentração de saturação de O_2 a $28^\circ C = 7,9 \text{ mg/L}$

C_L = concentração de O_2 no tanque reator = $1,5 \text{ mg/L}$

T = temperatura no tanque reator = $28^\circ C$

β = fator de correção salinidade / tensão superficial = $0,95$

α = relação K_{La} (esgoto) / K_{La} (água) = $0,85$

$$\lambda = \frac{(0,95 \times 7,9 - 1,5) \times 1,02^{28 - 20}}{9,17} \times 0,85 \cong 0,64$$

Eficiência na transferência de oxigênio dissolvido pelos difusores: 5 % / m

Para $H_U = 6$ m, tem-se : $5 \times 6 = 30\%$

Eficiência global na transferência de oxigênio, em campo:

Tem-se: $\eta = \eta_o \times \lambda = 0,30 \times 0,64 = 0,19$

Portanto tem-se:

O_2 necessário = $461 / 0,19 = 2.426$ kg O_2 / hora

Considerando-se 23,2 % de Oxigênio no ar, tem-se:

Massa de ar necessária = $2.426 / 0,232 = 10.457$ kg ar / hora

Considerando-se a massa específica do ar, $\rho = 1,2$ kg / m³, tem-se:

Volume de ar necessário = $10.457 / 1,2 = 8.714$ m³ ar / hora

Volume de ar necessário = $8.714 / 60 = 145$ Nm³ Ar / minuto

Deverão ser utilizados 02 (dois) sopradores de ar (+ um de reserva), cada um com capacidade para a vazão de 75 Nm³ Ar / minuto e pressão de 7 m.c.a. (6 m de profundidade útil dos tanques + 1 m de perda de carga estimada na linha de ar).

Determinação da potência dos sopradores de ar

$$P_w = \left[\frac{w \times R \times T}{8,41 \times e} \right] \times \left[\left(\frac{P}{P_o} \right)^{0,283} - 1 \right]$$

P_w : potência requerida em cada soprador em kW

w : fluxo da massa de ar em kg/s

R = constante do gás, 8,314 kJ / mol °K

8,41: constante do ar, kg / °K mol

T_o = temperatura de entrada, °K

P_o = pressão absoluta de entrada em atmosfera e a 15 m de altitude e 308 ° K

Perda de carga estimada = 1,0 m

Lâmina de água sobre o difusor = 6,0 m

Pressão total = 6,0 m + 1,0 m = 7,0 m

$W = 10.541 / 3.600 = 2.9 \text{ kg ar / s}$

$P = (7,0 + 10,33) / 10,33 = 1,678 \text{ atm.}$

$P_0 = 1,0 \text{ atm a 15 m de altitude}$

$$P_w = \left[\frac{2,9 \times 8,314 \times 308}{8,41 \times 0,75 \times 60} \right] \times \left[\left(\frac{1,678}{1,0} \right)^{0,283} - 1 \right] = 186 \text{ kW} = 249 \text{ cv}$$

Portanto são necessários 02 (dois) sopradores (01 + 01 de reserva) de ar de 20 cv de potência do motor.

Deverão ser adquiridos 02 (01 + 01 de reserva) sopradores de ar tipo Roots Trilóbulo.