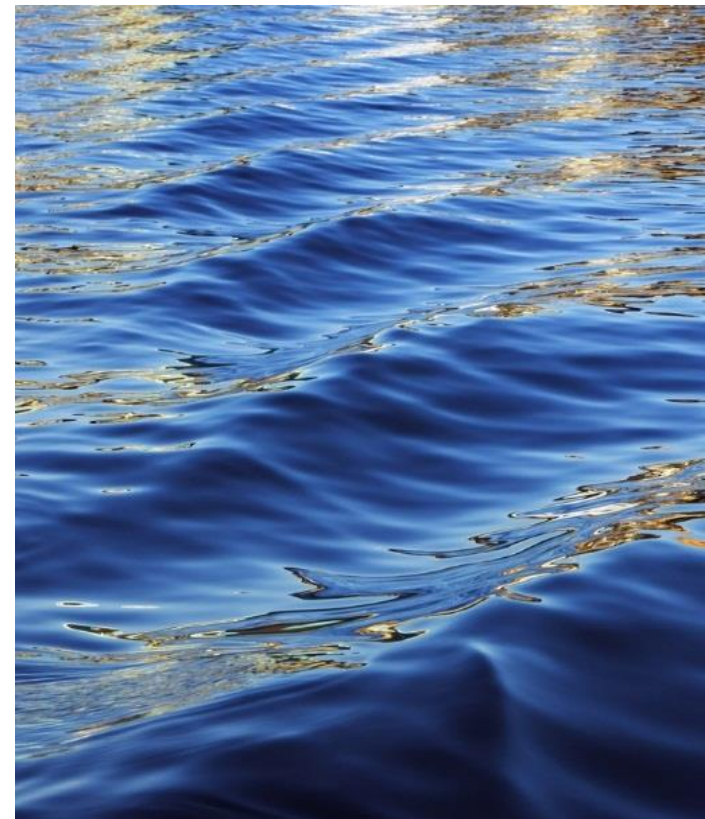




Tratamento de Resíduos- ZEA 0966

Giovana Tommaso – v. 2014
Aula 4 – Sequência de processos e operações – tratamento preliminar e primário



Conteúdo

Tratamento preliminar

- Remoção de sólidos grosseiros
- Remoção de sólidos fixos – **partículas discretas** - areia
- Remoção de sólidos voláteis flotáveis - gordura

Exercícios

Tratamento primário

- Remoção de sólidos sedimentáveis
- Remoção de sólidos voláteis sedimentáveis – **partículas floculentas**
- **Com ou sem auxílio de floculação**

Exemplo de cálculo



Tratamento preliminar



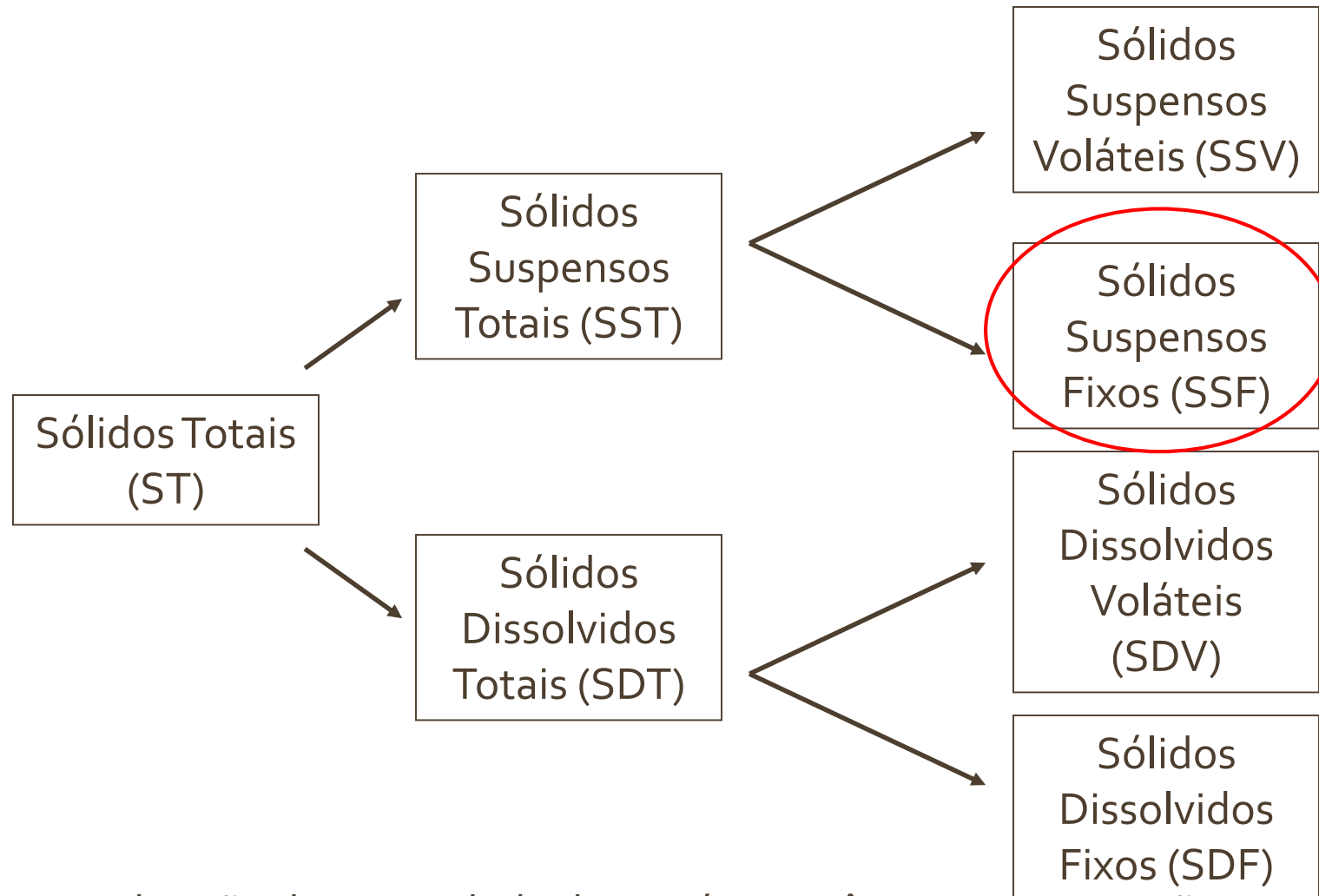
Sólidos

Principal parâmetro indicador de necessidade de tratamento preliminar e primário.

Problemas

- Formação de caminhos preferenciais em leitos fixos
- Entupimento de leitos
- Colapso em leitos expandidos
- Mineralização do lodo caso a relação SSV/SST seja baixa

Parâmetros físicos - Sólidos



SSV → Indicação da quantidade de matéria orgânica em suspensão

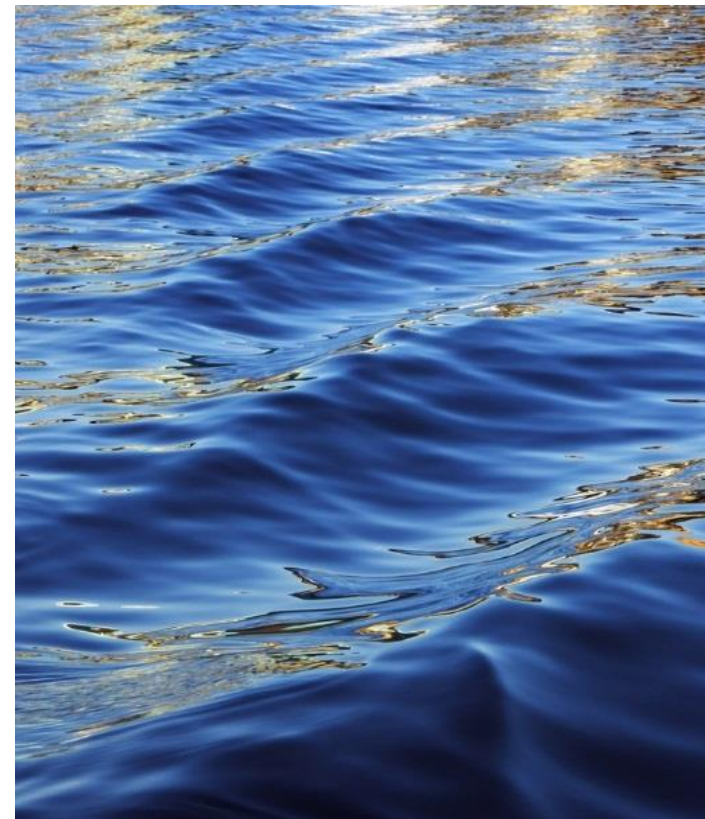
Nível de Tratamento - Preliminar

Equipamento

- Grades
- Caixas de areia
- Peneiras
- Caixas de Gordura



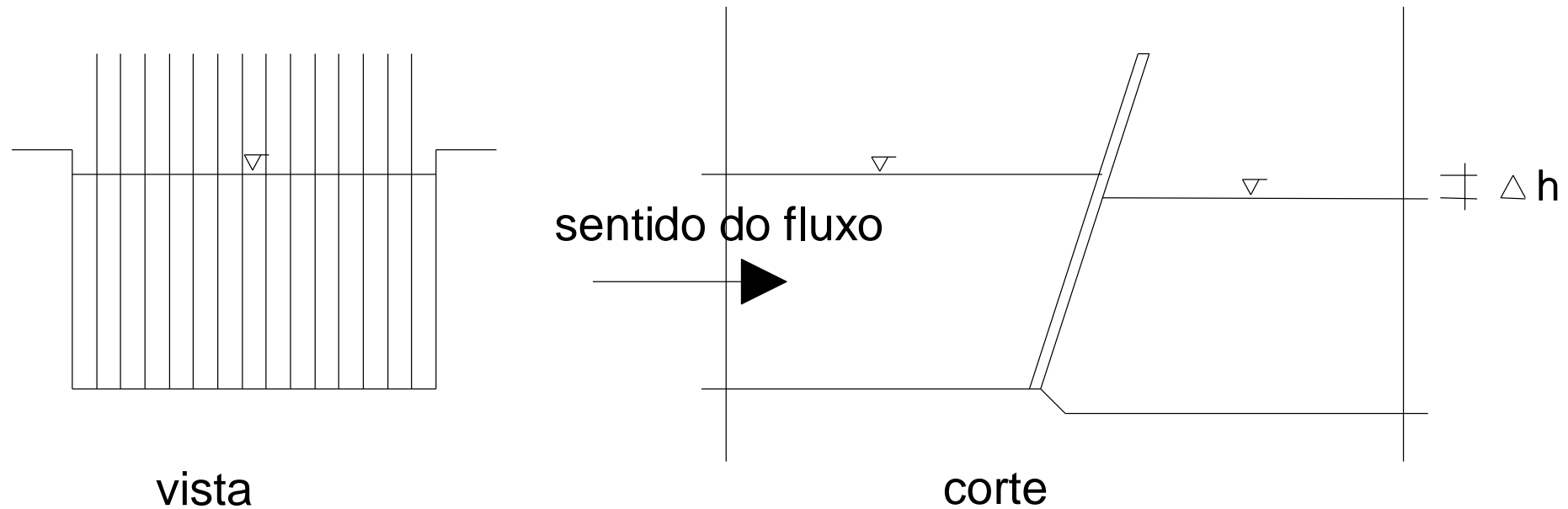
Sólidos grosseiros



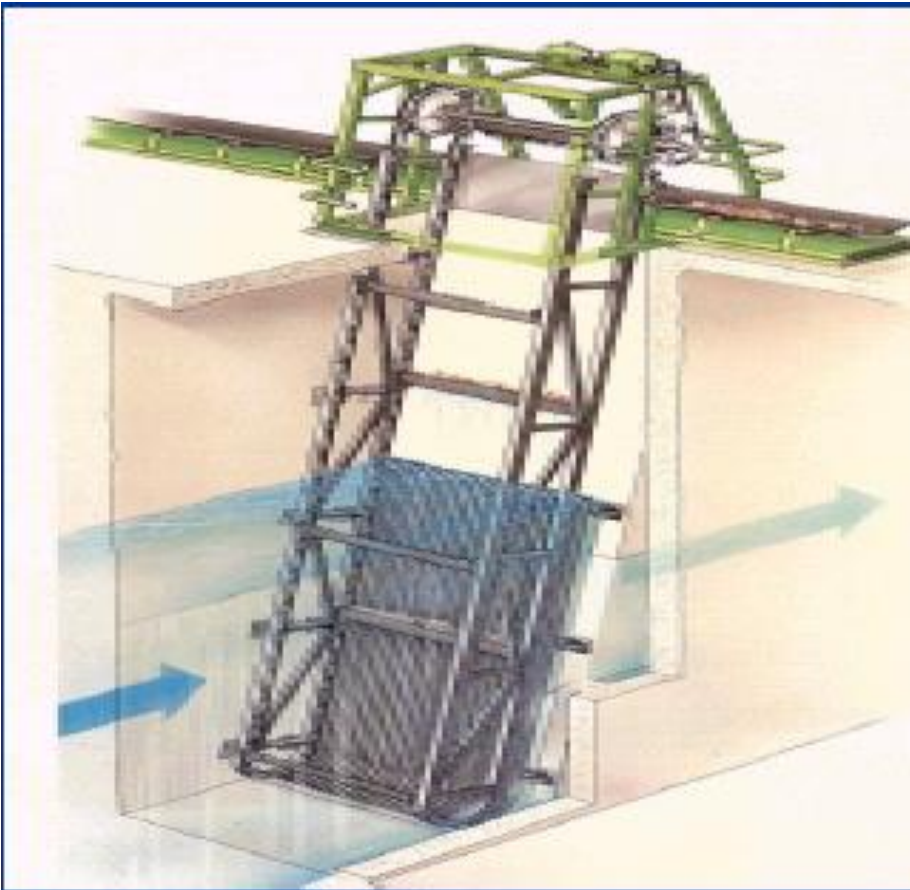
Unidades de separação em fç da dimensão

UNIDADE		DIMENSÃO CARACTERÍSTICA
Peneira	Fixa	0,25 a 1,5 mm
Peneira	Vibratória	
	Grosseira	0,8 a 2,4 mm
	Média	0,1 a 1,0 mm
Tambor	Rotativo	
	Grosso	0,8 a 2,4 mm
	Médio	0,25 a 1,5 mm
	Fino	0,015 a 0,060 mm
Grade		
	Grosseria	4 a 10 cm
	Média	2 a 4 cm
	Fina	1 a 2 cm

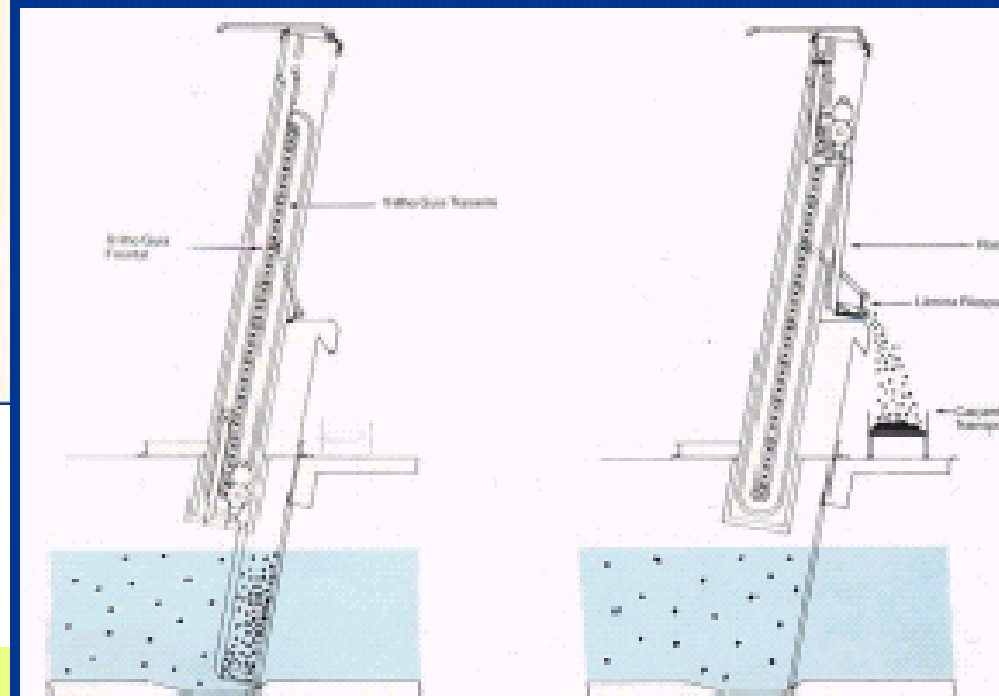
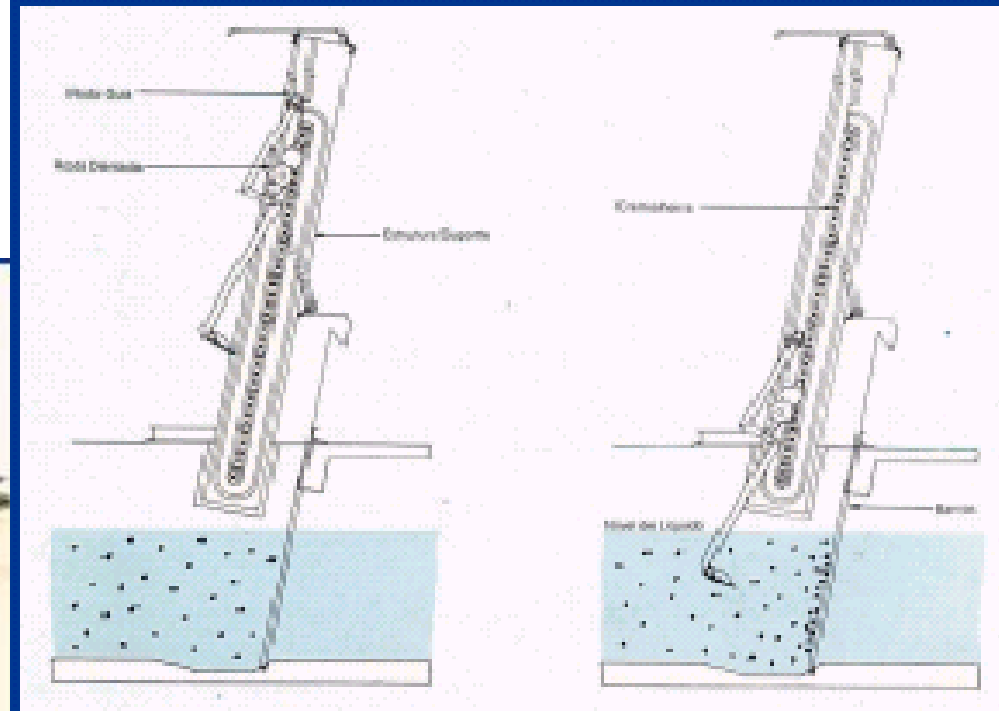
Gradeamento



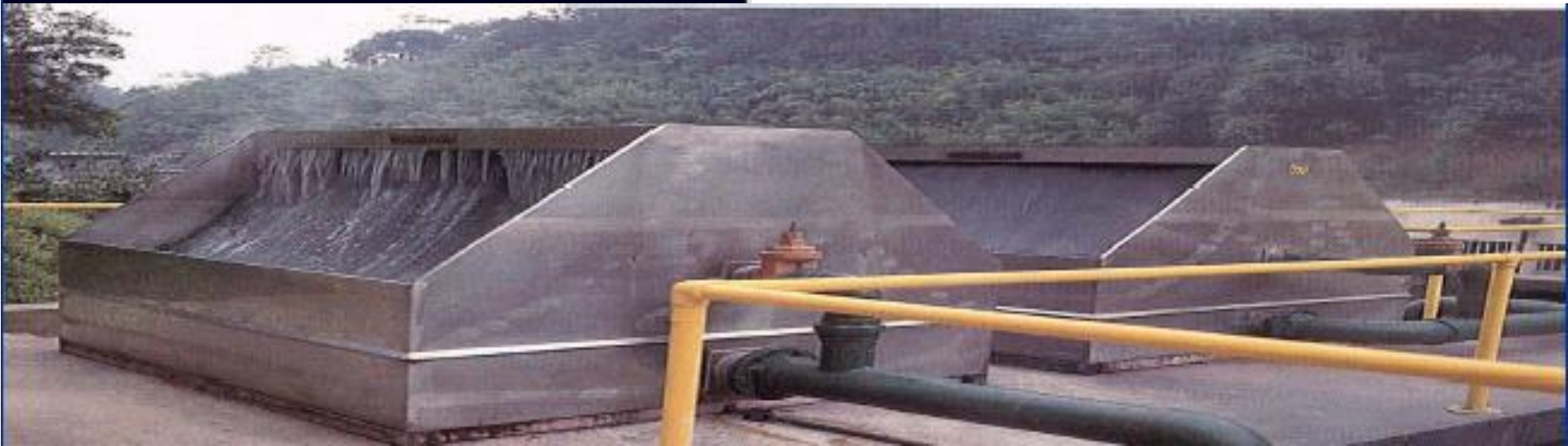
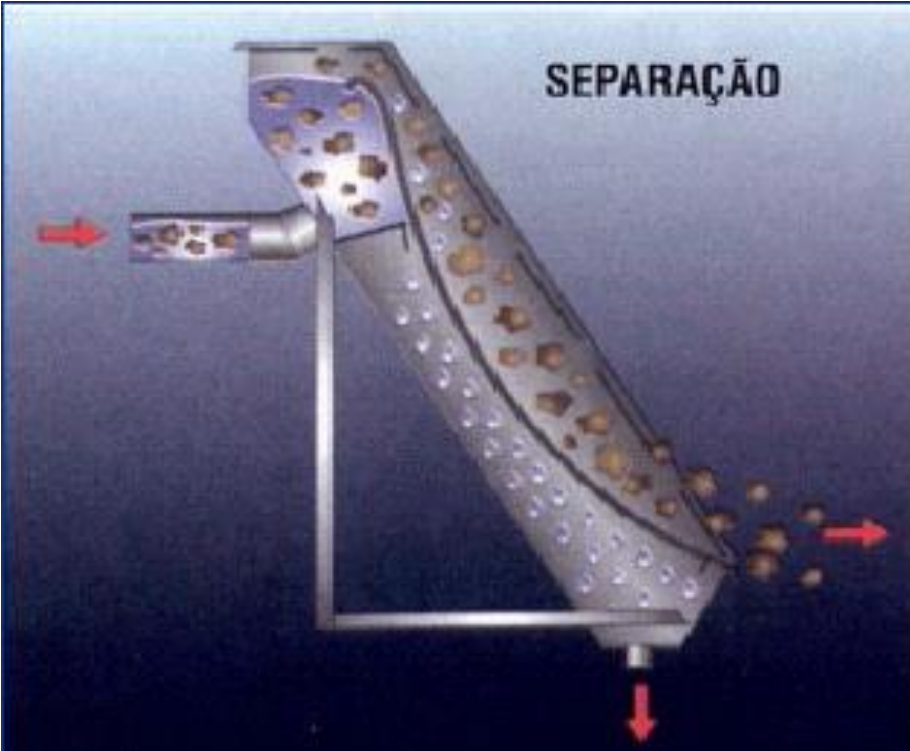
Estrutura básica e disposição de uma grade



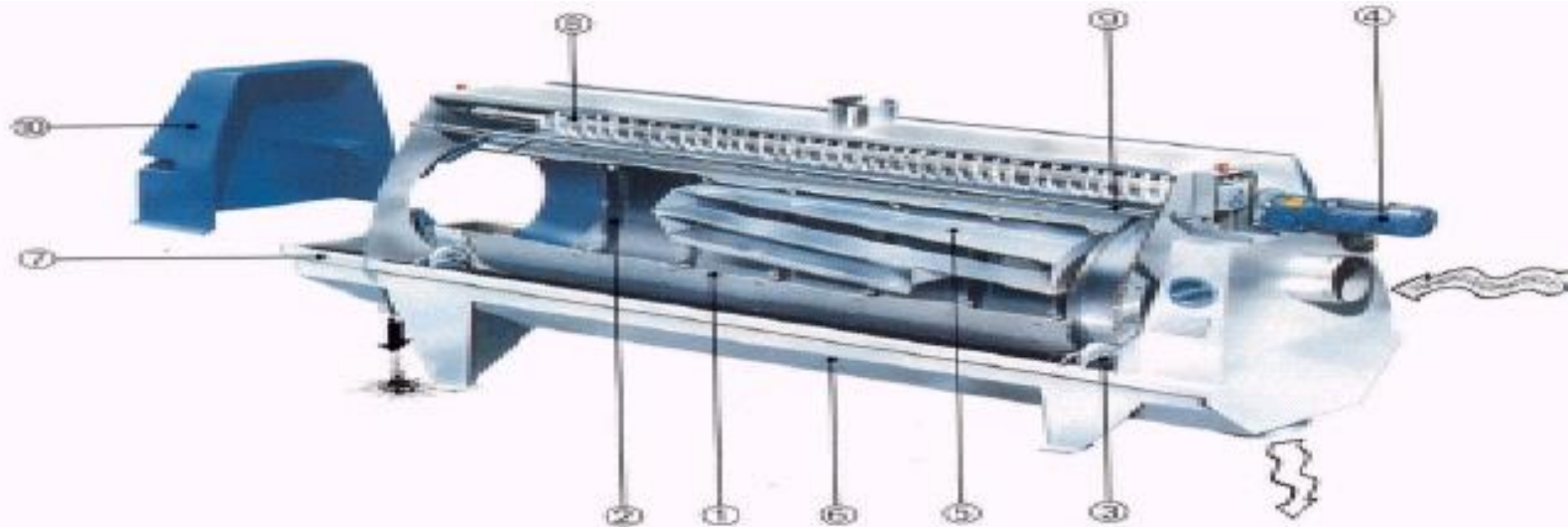
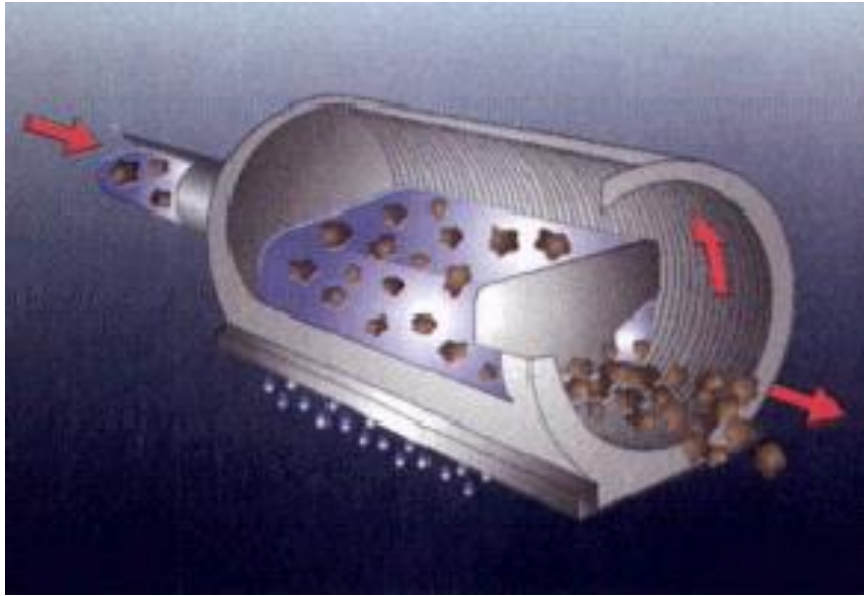
**Sistema de
gradeamento
mecanizado**



Peneiras estáticas



Peneiras cilíndricas giratórias





Sólidos fixos

Sedimentação de partículas discretas – “areia”



Caixas de areia ou desarenadores - Finalidade

- Facilitar manuseio da fase líquida/sólida
- Evitar
 - Abrasão
 - Avaria e/ou obstrução

Caixa de areia - Função

- Reter areia
- Armazenar o material retido
- Remover e transferir para o sistema de transporte para o destino adequado

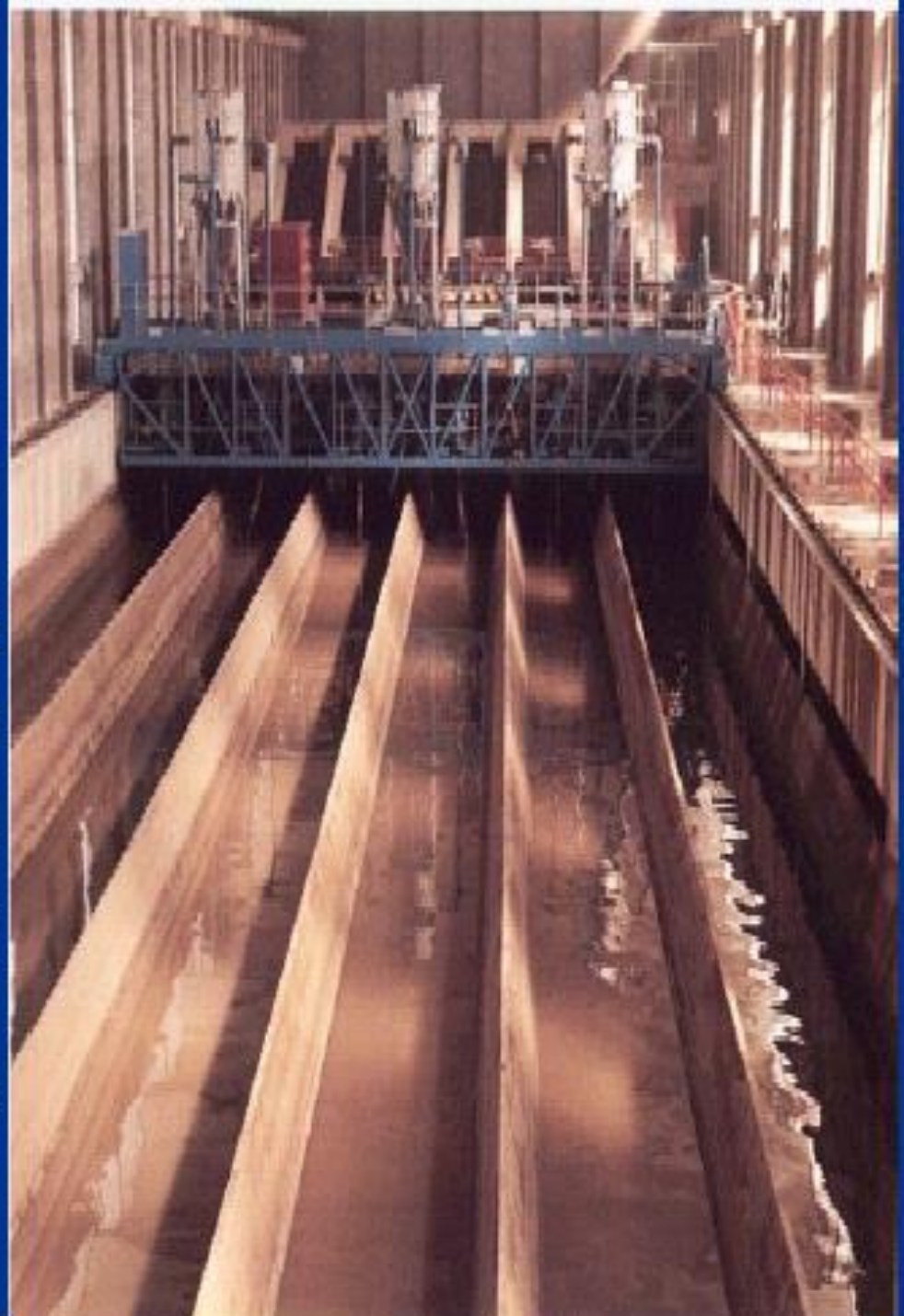


Sedimentação

**Processo de separação sólido-líquido
que tem como força propulsora a
ação da gravidade.**

Tipos

- Forma
 - prismática (quadrada ou retangular) ou cilíndrica
- Separação sólido líquido
 - gravidade ou centrifugação
- Remoção
 - manual, ciclone ou mecanizada
- Fundo
 - plano (primático com poço), inclinado (prismática aerada) ou cônico (vórtex)



Tipos

- Forma
 - prismática (quadrada ou retangular) ou cilíndrica
- Separação sólido líquido
 - gravidade ou centrifugação
- Remoção
 - manual, ciclone ou mecanizada
- Fundo
 - plano (primático com poço), inclinado (prismática aerada) ou cônico (vórtex)

Caixa de areia convencional





Caixa de areia

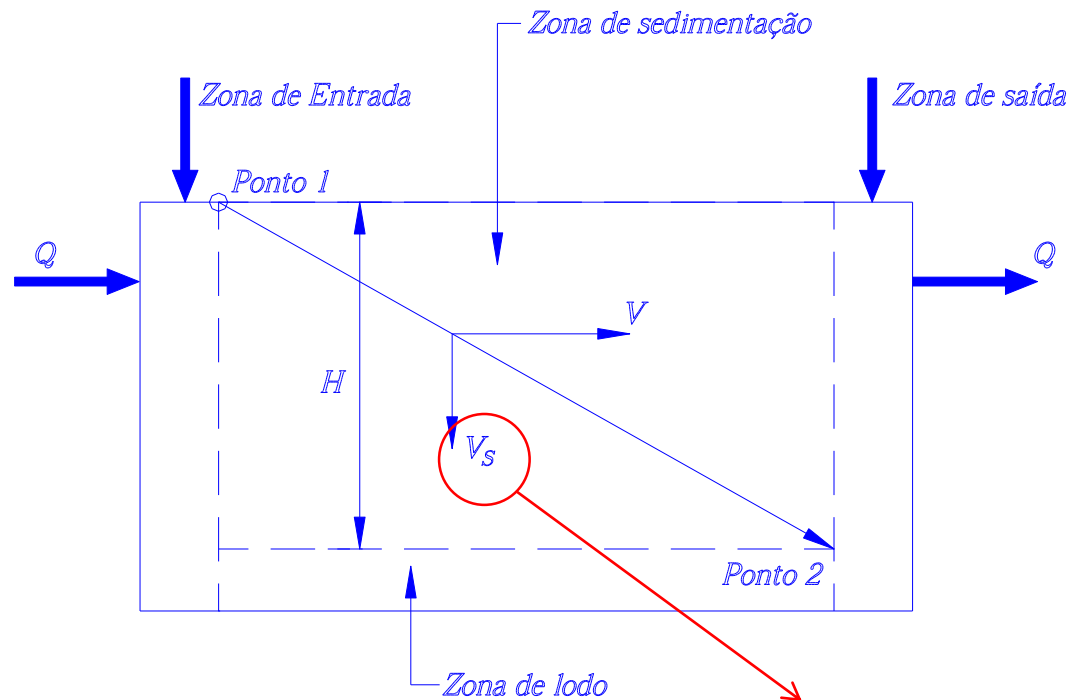




SEDIMENTAÇÃO GRAVITACIONAL

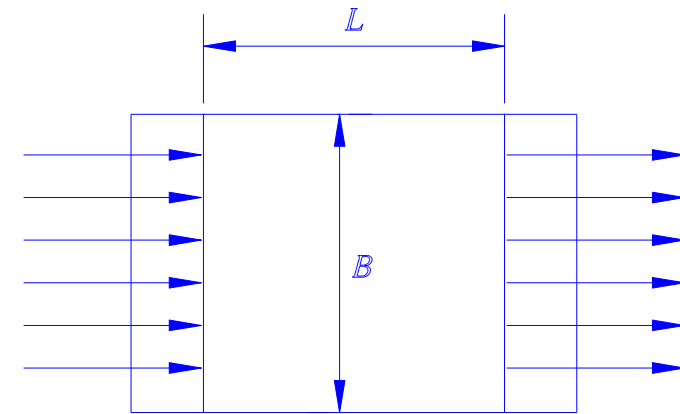


Unidade de sedimentação – caixa de areia prismática



Core longitudinal

Principal parâmetro de projeto

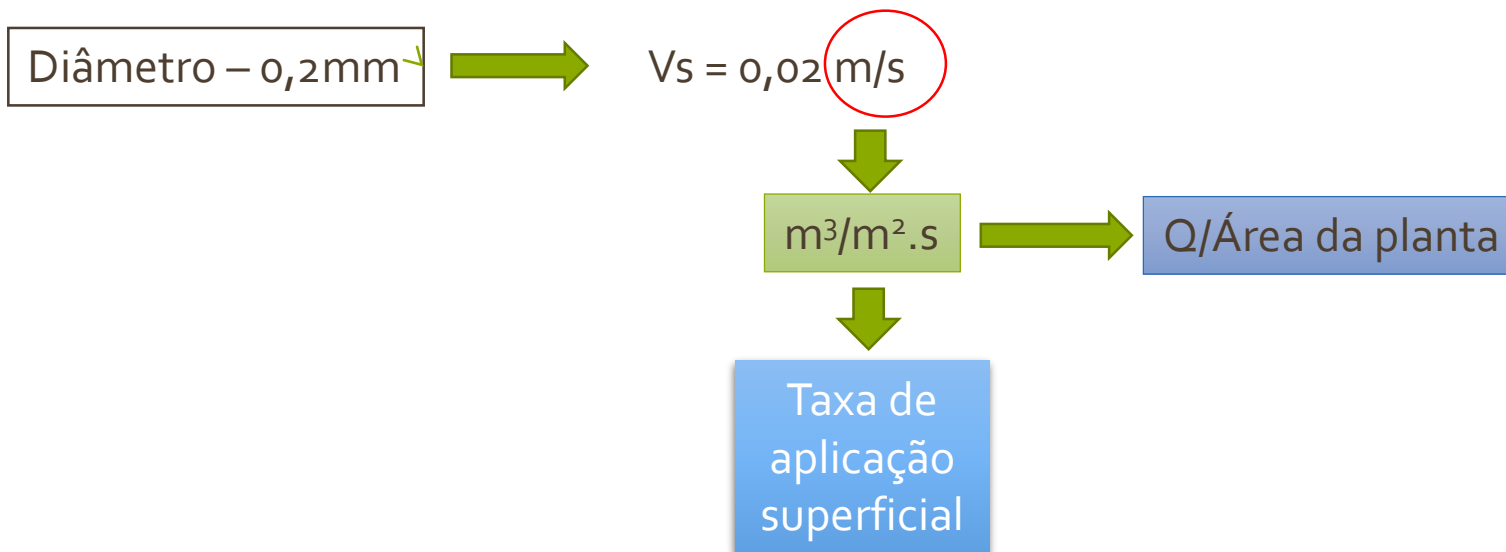


planta

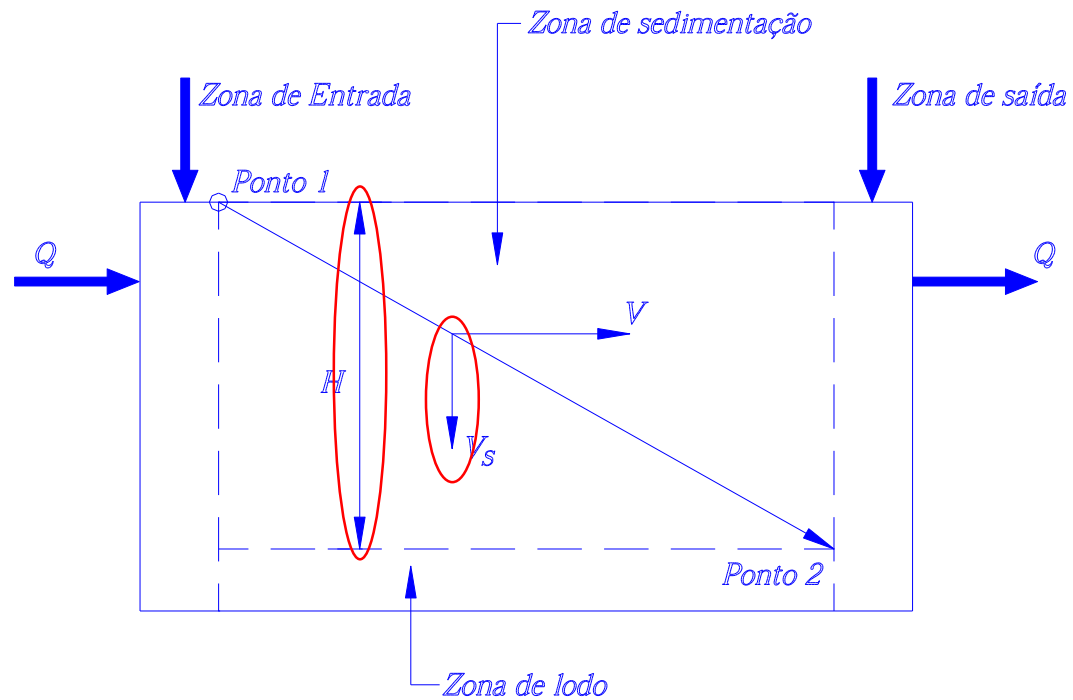
Velocidade de sedimentação

$$V_s = \frac{g}{18\mu} (\rho_s - \rho) d^2$$

Menor partícula
que se quer
remover



Unidade de sedimentação – caixa de areia prismática

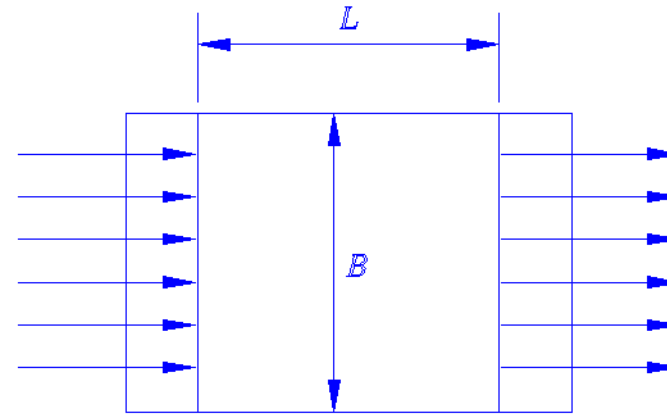


Core longitudinal

$$V = \frac{\Delta S}{\Delta t}$$

Velocidade horizontal

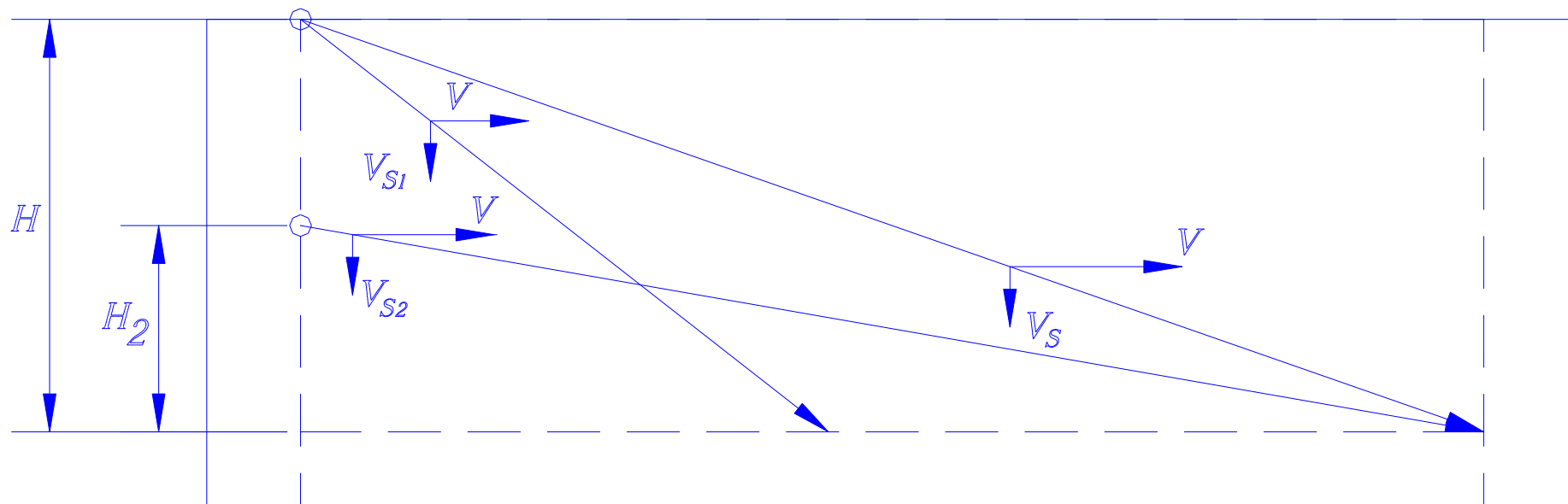
$$V_h = \frac{L}{TDH}$$



$$Q = V_h \cdot A \longrightarrow Q = V_h * B * H$$

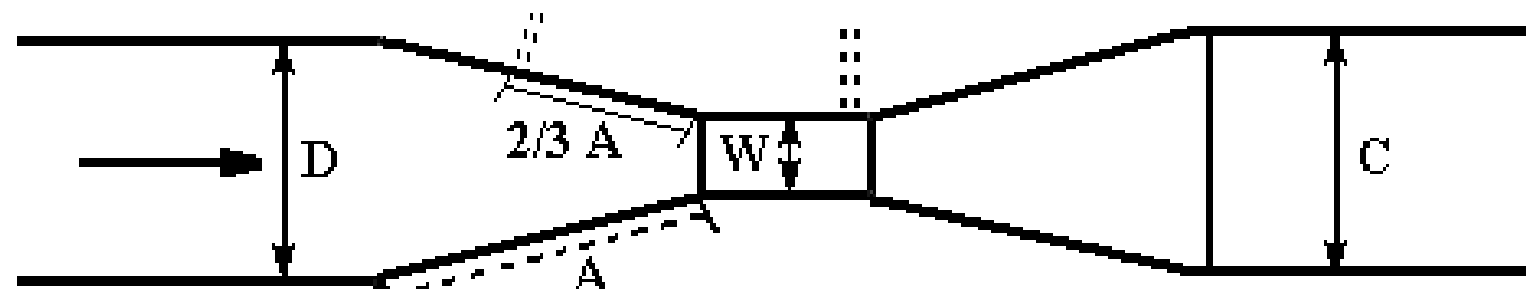
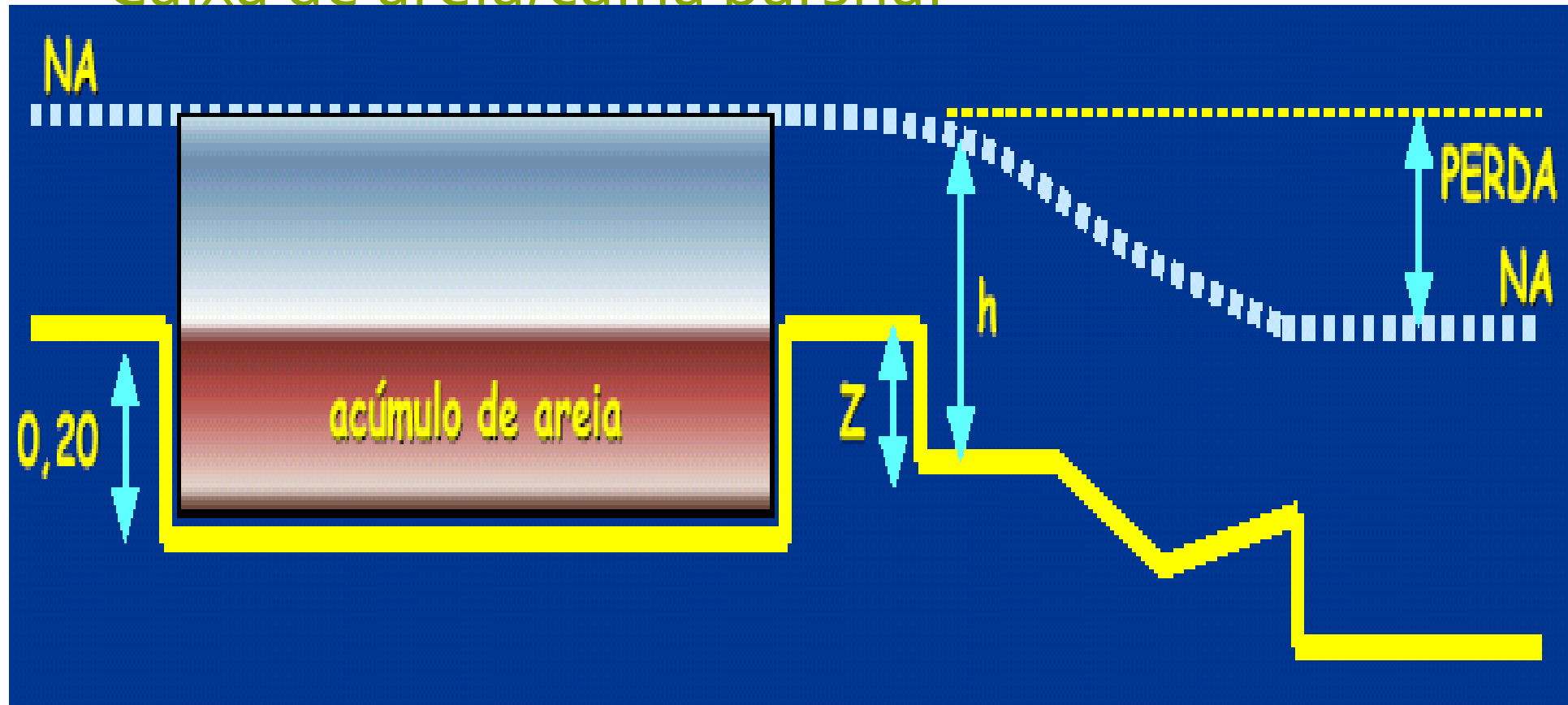
NBR → 0,3 m/s (vazão média) 0,4 m/s (vazão máxima)

Caixa de areia

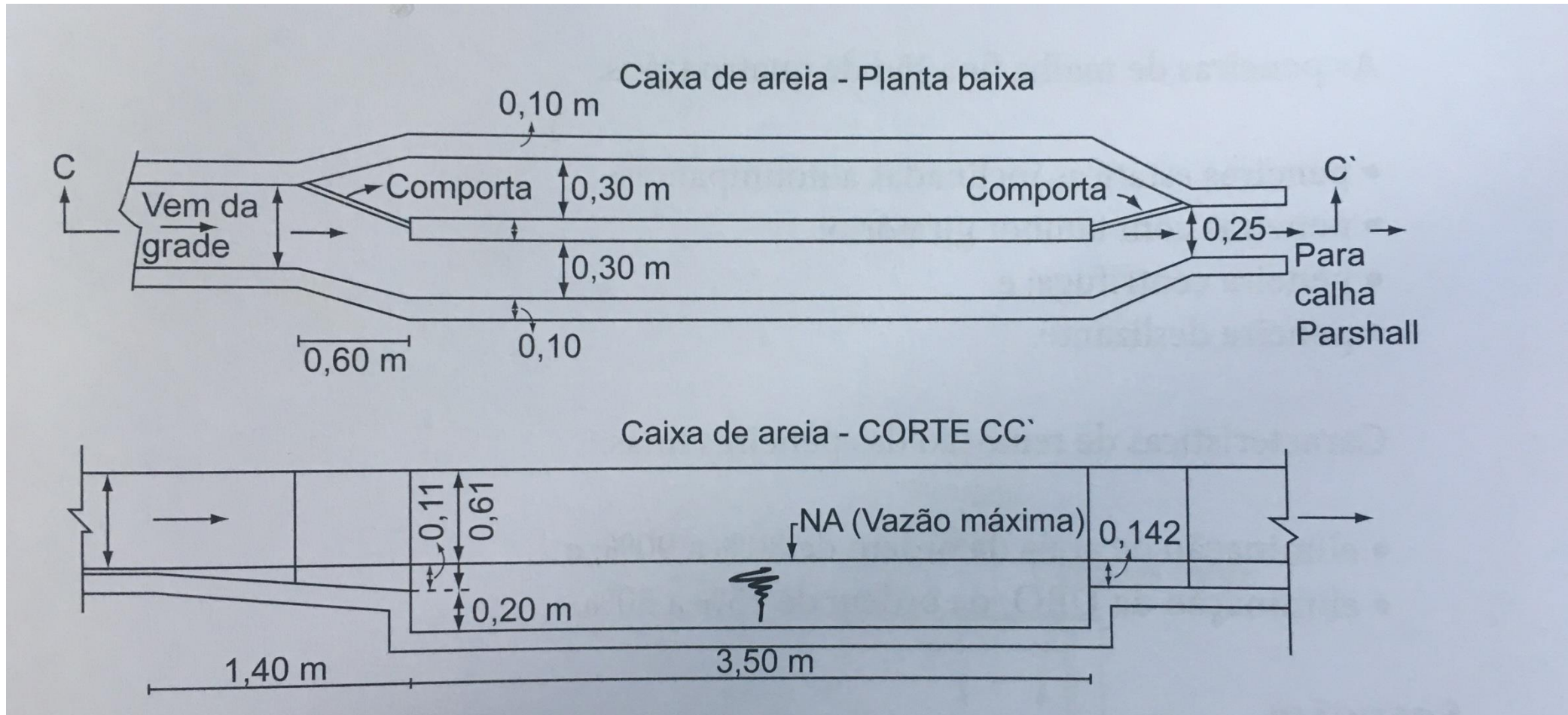


$$V_{S1} > V_S > V_{S2}$$

Caixa de areia/calha parshal



Dimensionamento da caixa de areia



Dimensionamento – grade/caixa de areia e calha parshall

- Adota-se a grade
 - Tipo de seção transversal da barra
 - Espessura da barra (t)
 - Largura da barra (a)
- Adota-se a largura do canal (tipicamente 40 cm)
- Adota-se a velocidade entre as barras para a vazão máxima
 - 0,6 m/s
- Calcula-se
- Área do Canal (S)
- Lâminas d'água
- Perdas de carga

Área do canal S

$$S = A_u \times \frac{a+t}{a}$$

S = área do Canal
A = largura das barras
T = espessura das barras

$$A_u = \frac{Q}{v}$$

A_u = área útil
Q = vazão
v = velocidade entre as barras

Lâmina d'água e perda de carga – grade suja e limpa.

$$y = \frac{S}{b} + h \qquad h = B \left(\frac{t^{\frac{4}{3}}}{a} \right) \times \left(\frac{v^2}{2g} \right)$$

b = largura do canal

h = perda de carga

B = coeficiente fç da espessura e tipo de barra

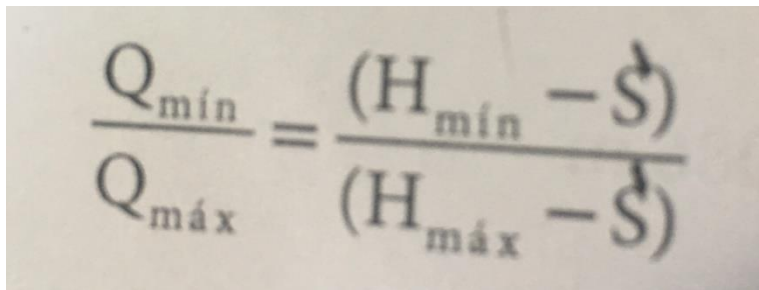
v = velocidade entre as barras

g = gravidade

Dimensionamento do parshall

- Cálculo de $H_{\text{máx}}$ e $H_{\text{mín}}$

$$Q = kH^n$$



A photograph of a handwritten equation on a piece of paper. The equation is:

$$\frac{Q_{\text{mín}}}{Q_{\text{máx}}} = \frac{(H_{\text{mín}} - S)}{(H_{\text{máx}} - S)}$$

Dimensionamento do parshall

Dimensões padronizadas (cm) de medidores Parshall												
	W	A	B	C	D	E	F	G	K	N	λ	n
1"	2,5	36,3	35,6	9,3	16,8	38,1	7,6	20,3	1,9	2,9	—	—
3"	7,6	46,6	45,7	17,8	25,9	45,7	15,2	30,5	2,5	5,7	0,176	1,547
6"	15,2	62,3	61,0	30,5	40,3	53,3	30,5	45,7	3,8	11,4	0,381	1,580
9"	22,9	88,1	86,4	45,7	57,5	61,0	45,7	61,0	6,9	17,1	0,535	1,530
1'	30,5	137,1	134,4	61,0	84,5	91,5	61,0	91,5	7,6	22,9	0,690	1,522
1 $\frac{1}{2}$ '	45,7	144,8	142,0	76,2	102,6	91,5	61,0	91,5	7,6	22,9	1,054	1,538
2'	61,0	152,3	149,3	91,5	120,7	91,5	61,0	91,5	7,6	22,9	1,426	1,550
3'	91,5	167,5	164,2	122,0	157,2	91,5	61,0	91,5	7,6	22,9	2,182	1,566
4'	122,0	182,8	179,2	152,5	193,8	91,5	61,0	91,5	7,6	22,9	2,935	1,578
5'	152,5	198,0	194,1	183,0	230,3	91,5	61,0	91,5	7,6	22,9	3,728	1,587
6'	183,0	213,3	209,1	213,5	266,7	91,5	61,0	91,5	7,6	22,9	4,515	1,595
7'	213,5	228,6	224,0	244,0	303,0	91,5	61,0	91,5	7,6	22,9	5,306	1,601
8'	244,0	244,0	239,0	274,5	340,0	91,5	61,0	91,5	7,6	22,9	6,101	1,606
10'	305,0	274,5	260,8	366,0	475,9	122,0	91,5	122,0	14,2	34,3	—	—

Dimensionamento do parshall - k

Tabla 6.12 Medidor Parshall: valores del exponente n y del coeficiente K.

W		n	K	
(Pulg/pies)	(m)		Unidades métricas	Unidades americanas
3"	0,076	1,547	0,176	0,0992
6"	0,152	1,580	0,381	2,06
9"	0,229	1,530	0,535	3,07
1'	0,305	1,522	0,890	4,00
1½'	0,457	1,538	1,054	6,00
2'	0,610	1,550	1,428	8,00
3'	0,925	1,556	2,182	12,00
4'	1,220	1,578	2,935	16,00
5'	1,525	1,587	3,728	20,00
6'	1,830	1,595	4,515	24,00
7'	2,135	1,601	5,306	28,00
8'	2,440	1,606	6,101	32,00

Fuente: adaptado de Arvedo Netto et al (1998).

Dimensionamento da caixa de areia

Tabela 7.1 Parâmetros para projeto de caixa de areia de fluxo horizontal.

Item	Valores faixa	Valores típicos
1. Tempo de detenção (seg)	45-90	60
2. Velocidade horizontal (m/s)	0,25-0,4	0,3
3. Velocidade de sedimentação (m/min)		
- Partículas com diâmetro de 20 mm	1,0-1,3	1,15
- Partículas com diâmetro de 15 mm	0,6-0,9	0,75
4. Acréscimo em razão da turbulência na entrada/saída da caixa de areia	$2 D_m \cdot 0,5 L$	-

$$D_m = H_{\text{máx}} - S$$

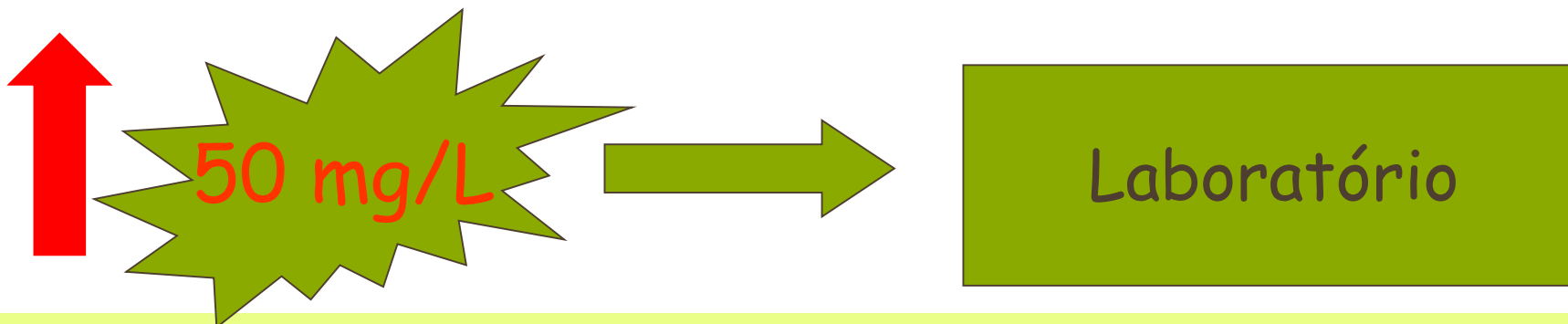
Vs e Vh

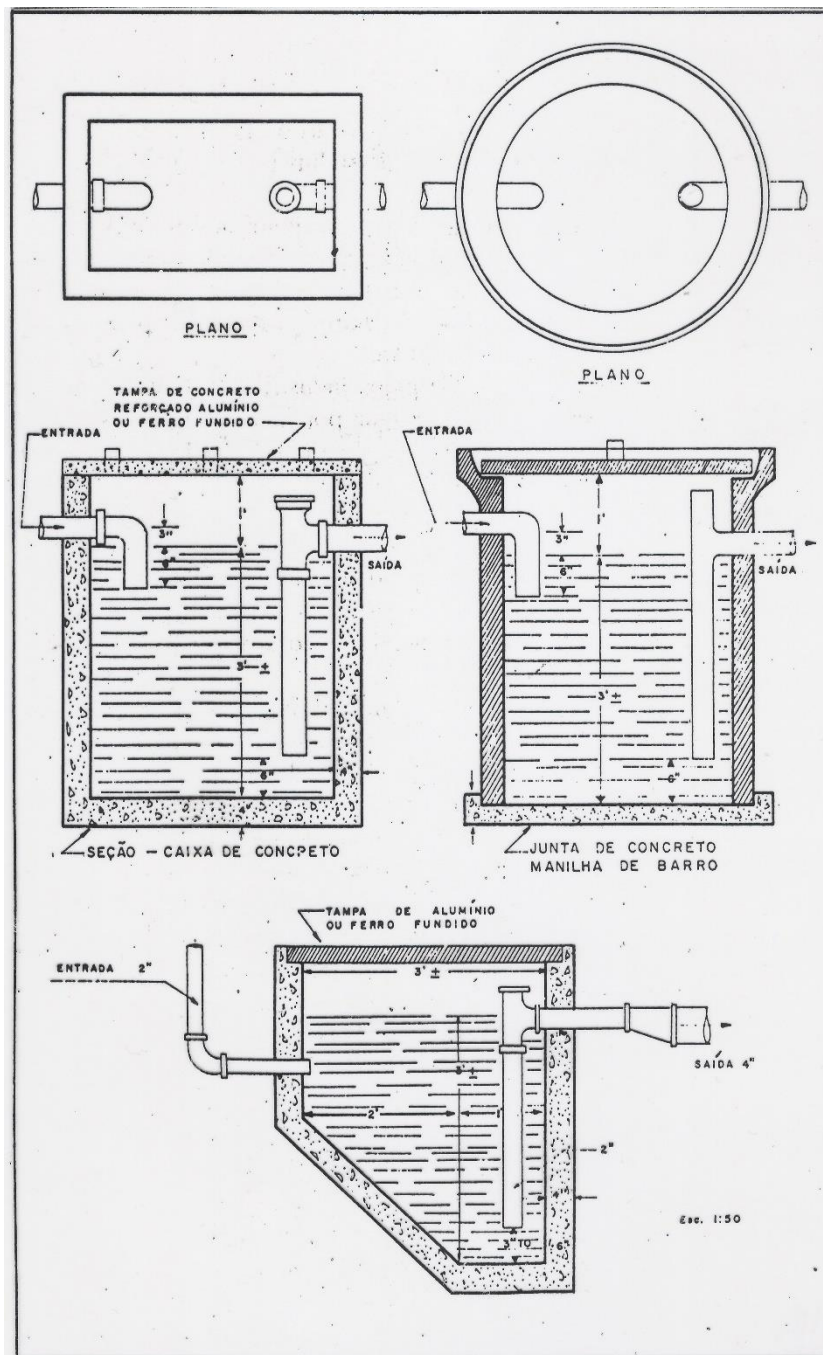
ÓLEOS E GRAXAS

Parâmetro indicador de necessidade de pré-tratamento.

Problemas

- Recobrimento de biopartículas dificultando transferência de massa
- Flotação de lodo em sistemas biológicos





Caixa de gordura – critério de projeto

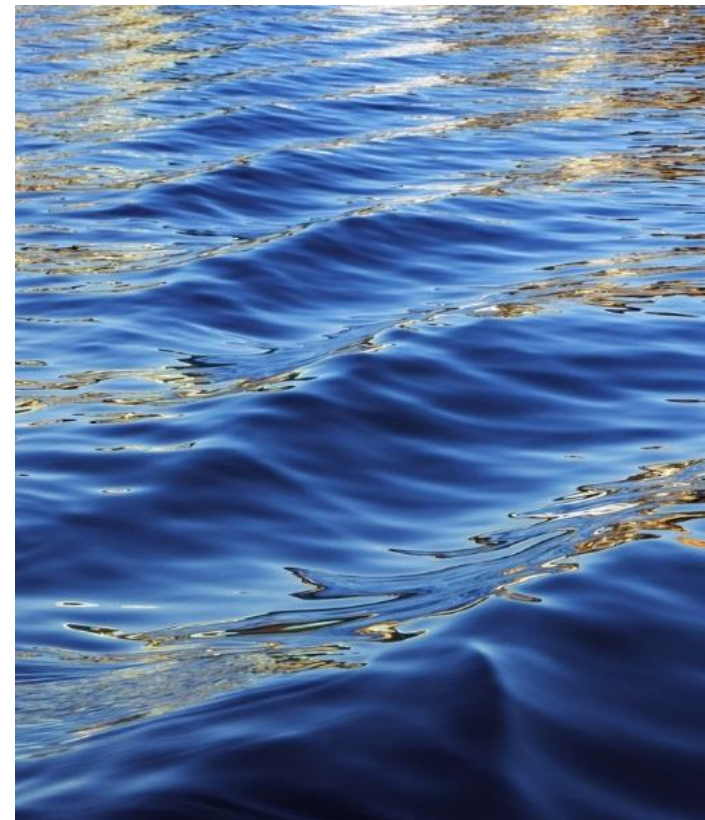
TDH – 30 min.

Taxa de aplicação superficial

Área – vazão/ velocidade de ascensão



Tratamento primário





SEDIMENTAÇÃO Floculenta





SEDIMENTAÇÃO FLOCULENTA

- ▶ **Sedimentação floculenta: a velocidade de sedimentação das partículas **não é mais constante**, uma vez que as mesmas agregam-se ao longo do processo de sedimentação.**

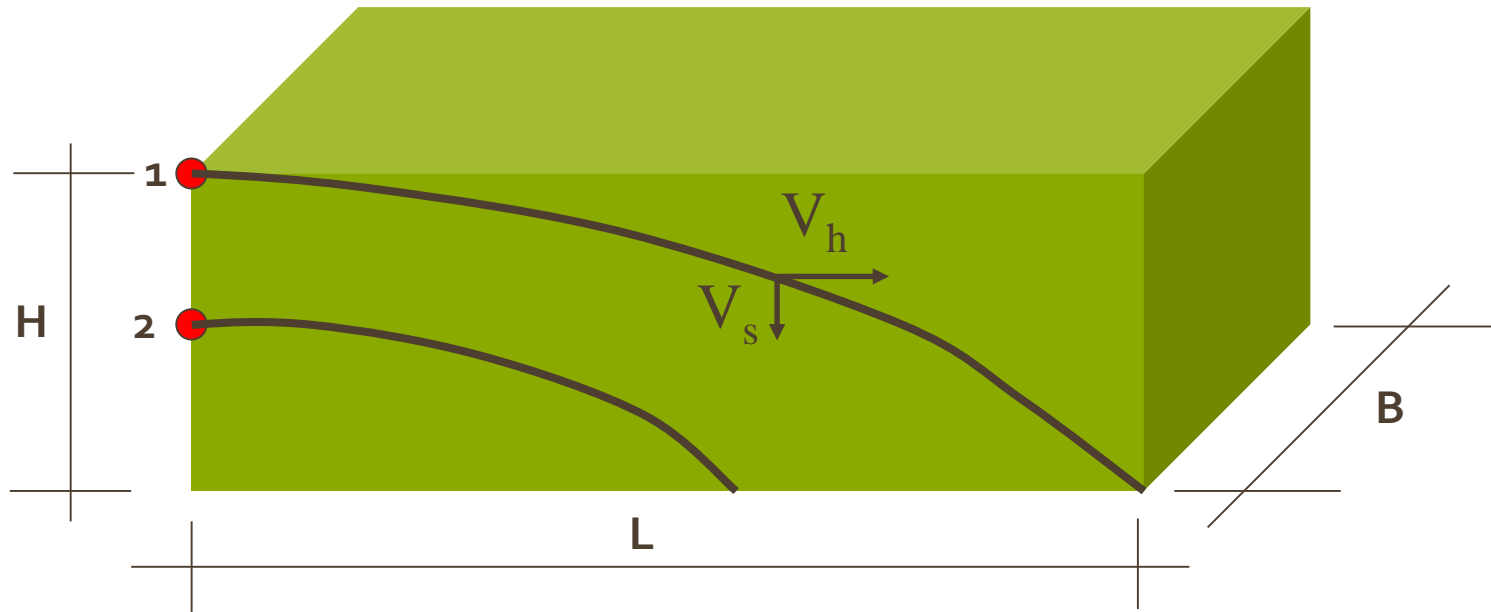


SEDIMENTAÇÃO FLOCULENTA (TIPO II)

- ▶ **Com o aumento do diâmetro das partículas há, conseqüentemente, o aumento de sua velocidade de sedimentação ao longo da altura.**



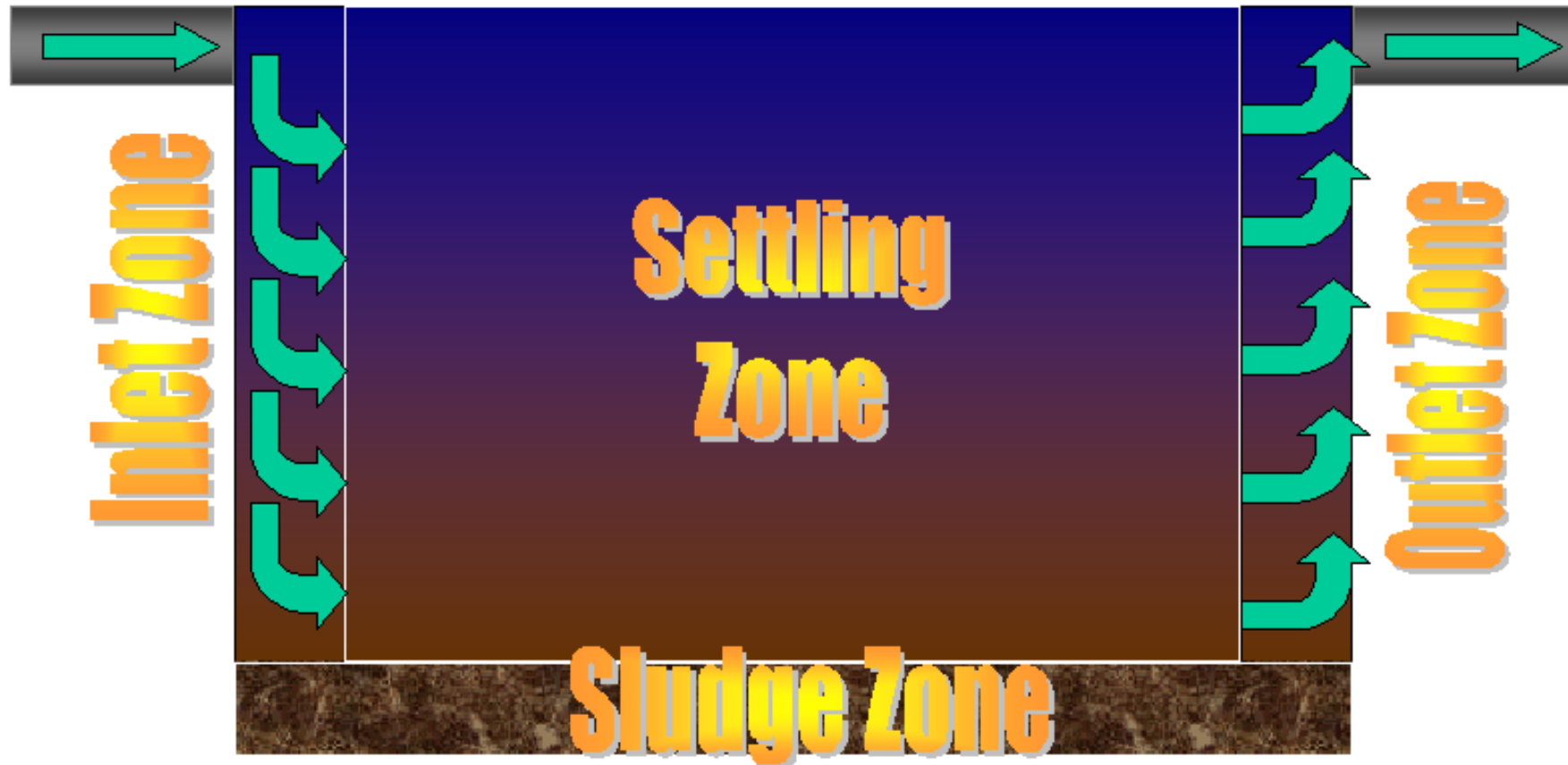
Sedimentação Floculenta (Tipo II)



Propriedade da sedimentação floculenta: A dimensão física da partícula é alterada durante o seu processo de sedimentação gravitacional (**floculação por sedimentação diferencial**), o que significa dizer que a sua velocidade de sedimentação é variável.

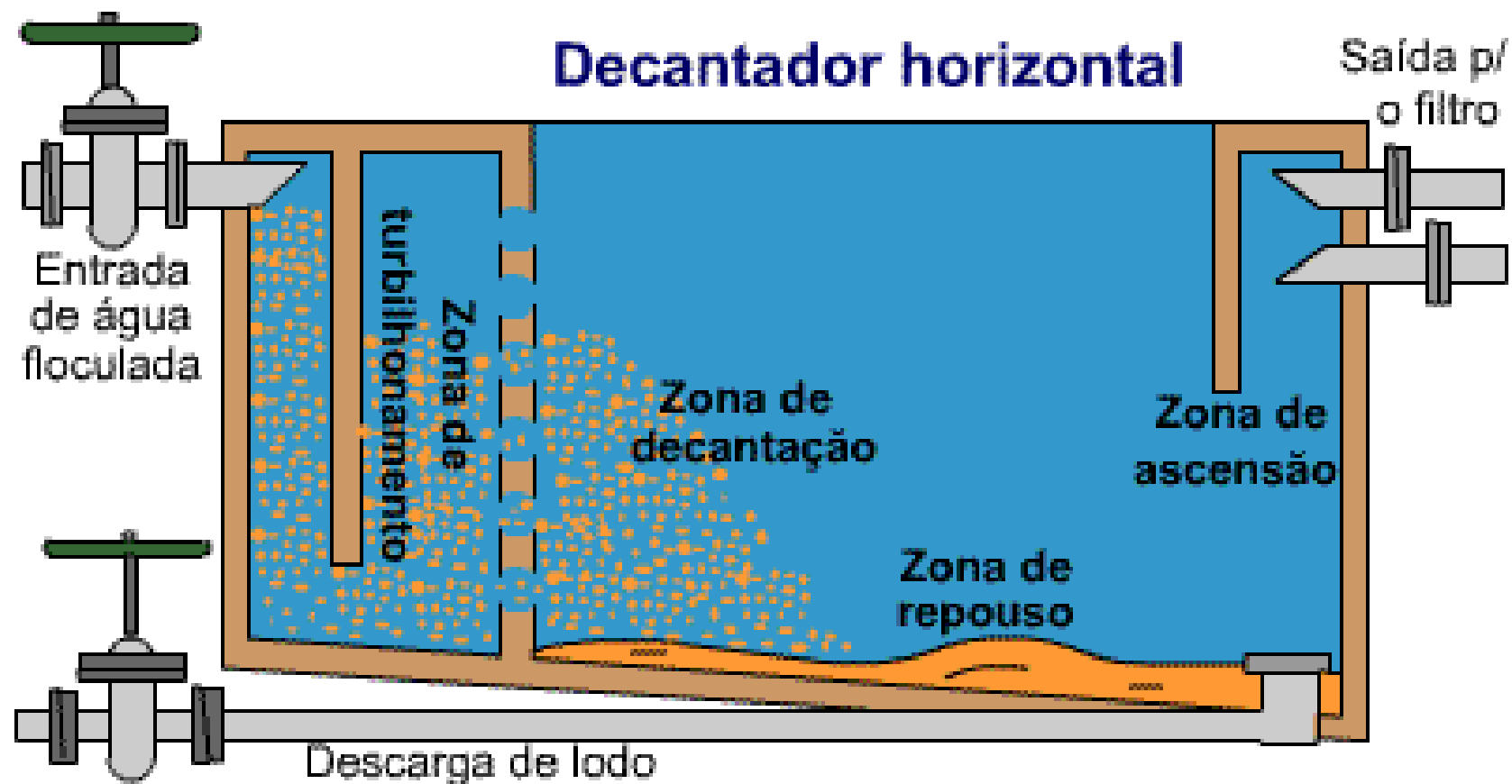


DECANTADORES CONVENCIONAIS EM ETA'S E ETE'S





DECANTADORES CONVENCIONAIS





DECANTADORES CONVENCIONAIS ETA ALTO DA BOA VISTA





DECANTADORES CONVENCIONAIS ETA ALTO DA BOA VISTA





DECANTADORES CONVENCIONAIS ETA ALTO DA BOA VISTA



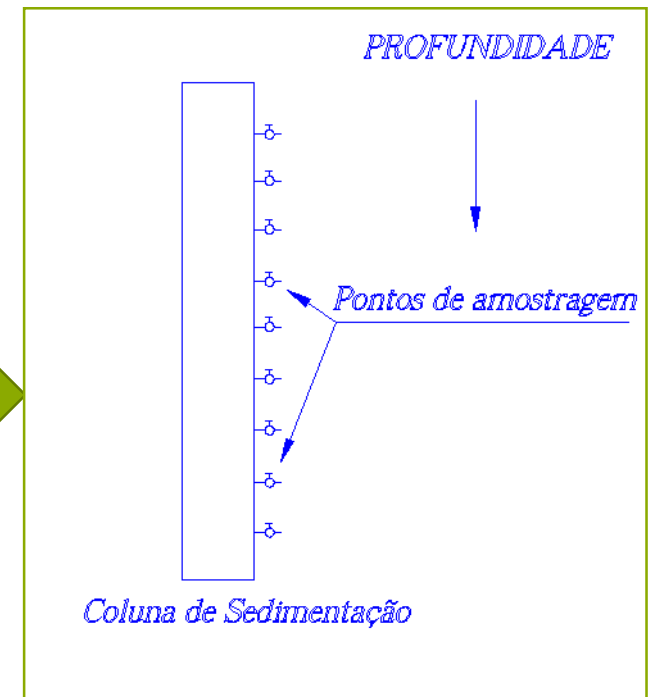


DECANTADORES CONVENCIONAIS PARÂMETROS DE PROJETO

- ▶ **Taxa de escoamento superficial: 20 - 60 m³/m²/dia**
- ▶ **Altura do decantador: 3,0 metros a 5,0 metros.**

**Função das características
de sedimentabilidade do
foco → fç de Vs**

Determinação experimental





DECANTADORES CONVENCIONAIS PARÂMETROS DE PROJETO

- ▶ **Relação Comprimento/Largura ≥ 4**
- ▶ **Taxa de escoamento linear (vertedor) $\leq 1,8$ l/m/s**
- ▶ **Re ≤ 20.000 (Verificação)**

$$R_e = \frac{V_h \cdot R_h \cdot \rho}{\mu}$$

$$R_h = \frac{B \cdot h}{(B + 2 \cdot h)}$$



DIMENSIONAMENTO DE UNIDADES DE SEDIMENTAÇÃO (Convencionais)

- **Vazão: $1,0 \text{ m}^3/\text{s}$**
- **Velocidade de sedimentação dos flocos: 40 m/dia**
- **Número de unidades de sedimentação: 04**
- **Profundidade da lâmina líquida= $4,5 \text{ m}$**



Cálculo da área

$$V_s = \frac{Q}{A_s} \rightarrow \text{Taxa de aplicação superficial}$$

$$A_s = \frac{Q}{q} = \frac{21.600 \text{ m}^3 / \text{dia}}{40 \text{ m}^3 / \text{m}^2 / \text{dia}} = 540 \text{ m}^2$$



DIMENSIONAMENTO DE DECANTADORES CONVENCIONAIS

- Verificação do tempo de detenção hidráulico

$$\theta_h = \frac{V_{dec}}{Q} = \frac{540 m^2 \cdot 4,5 m}{0,25 m^3 / s \cdot 3.600 s / hora} = 2,7 \text{ horas}$$



Definição da geometria do decantador

Admitindo uma relação entre L/B igual a 4, tem-se que:

$$A_S = B.L = 4.B^2 = 540 \text{ m}^2$$

$$B = 11,6 \text{ m}$$



$$B = 12,0 \text{ m}$$

$$L = 47,0 \text{ m}$$

$$A_S = B.L = 12,0 \text{ m} . 47,0 \text{ m} = 564 \text{ m}^2$$



Verificação da taxa de escoamento superficial

$$q = \frac{Q}{A_s} = \frac{21.600 \text{ m}^3 / \text{dia}}{564 \text{ m}^2} = 38,3 \text{ m}^3 / \text{m}^2 / \text{dia} \quad \checkmark$$

Cálculo da velocidade horizontal



$$V_h = \frac{Q}{A_h} = \frac{0,25 \text{ m}^3 / \text{s}}{4,5 \text{ m} \cdot 12,0 \text{ m}} = 0,463 \text{ cm} / \text{s}$$

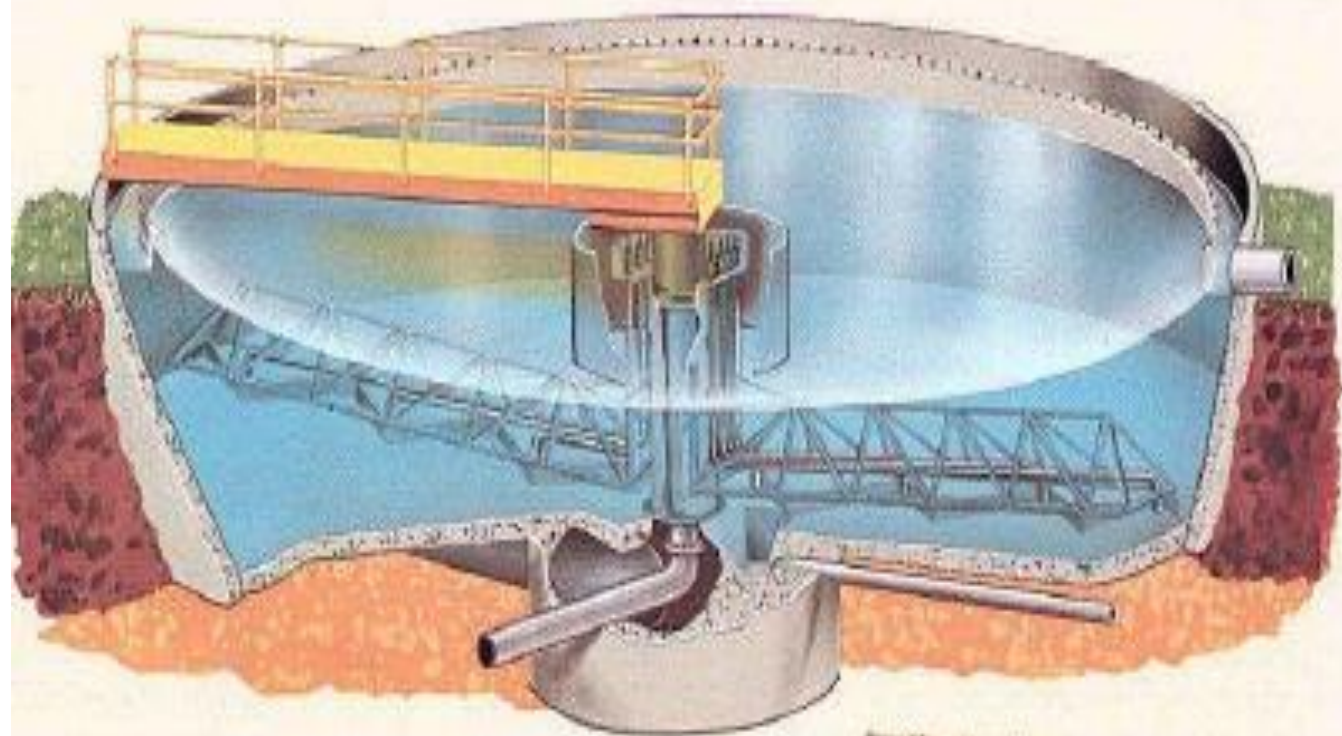


Cálculo do Raio Hidráulico

$$R_h = \frac{B \cdot h}{(B + 2 \cdot h)} = \frac{4,5 \cdot 12,0}{(12,0 + 2 \cdot 4,5)} = 2,57 \text{ m}$$

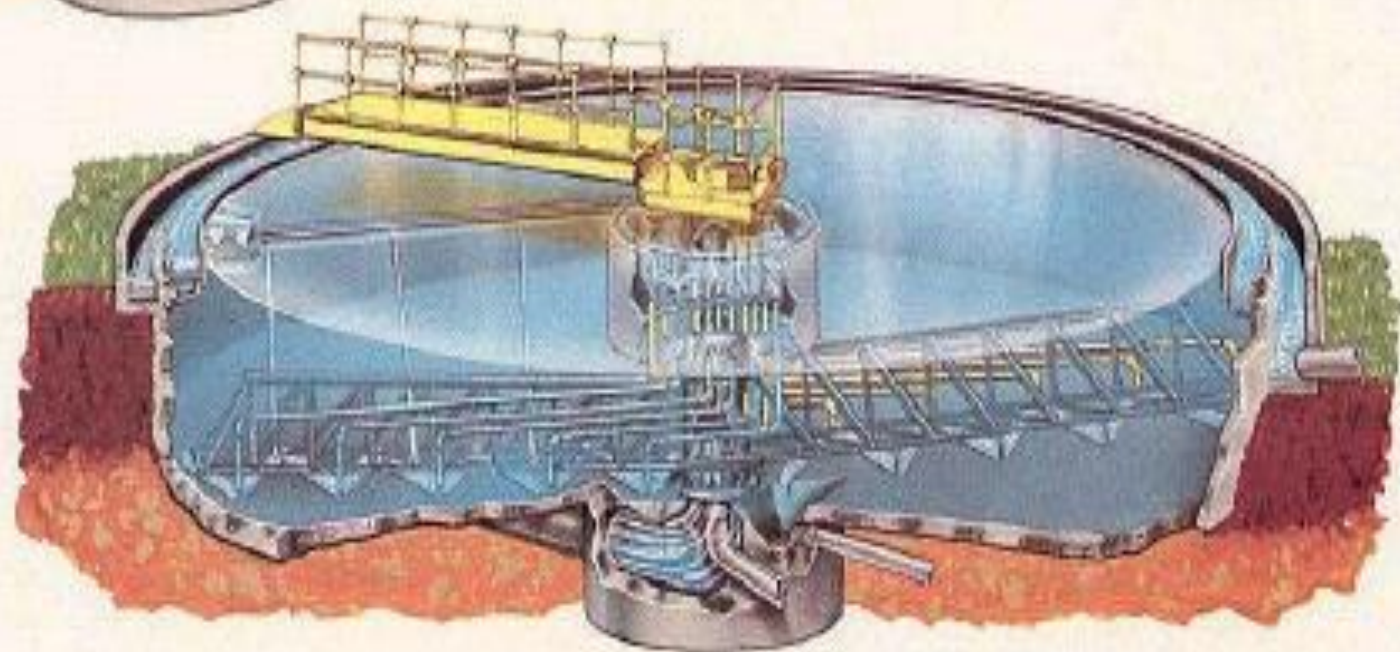
Verificação do Número de Reynolds

$$R_e = \frac{V_h \cdot R_h}{\nu} = 11.905 \quad (< 20.000) \quad \checkmark$$



Com Tubulação
de Sucção Única

Com Tubulação
de Sucção Dupla



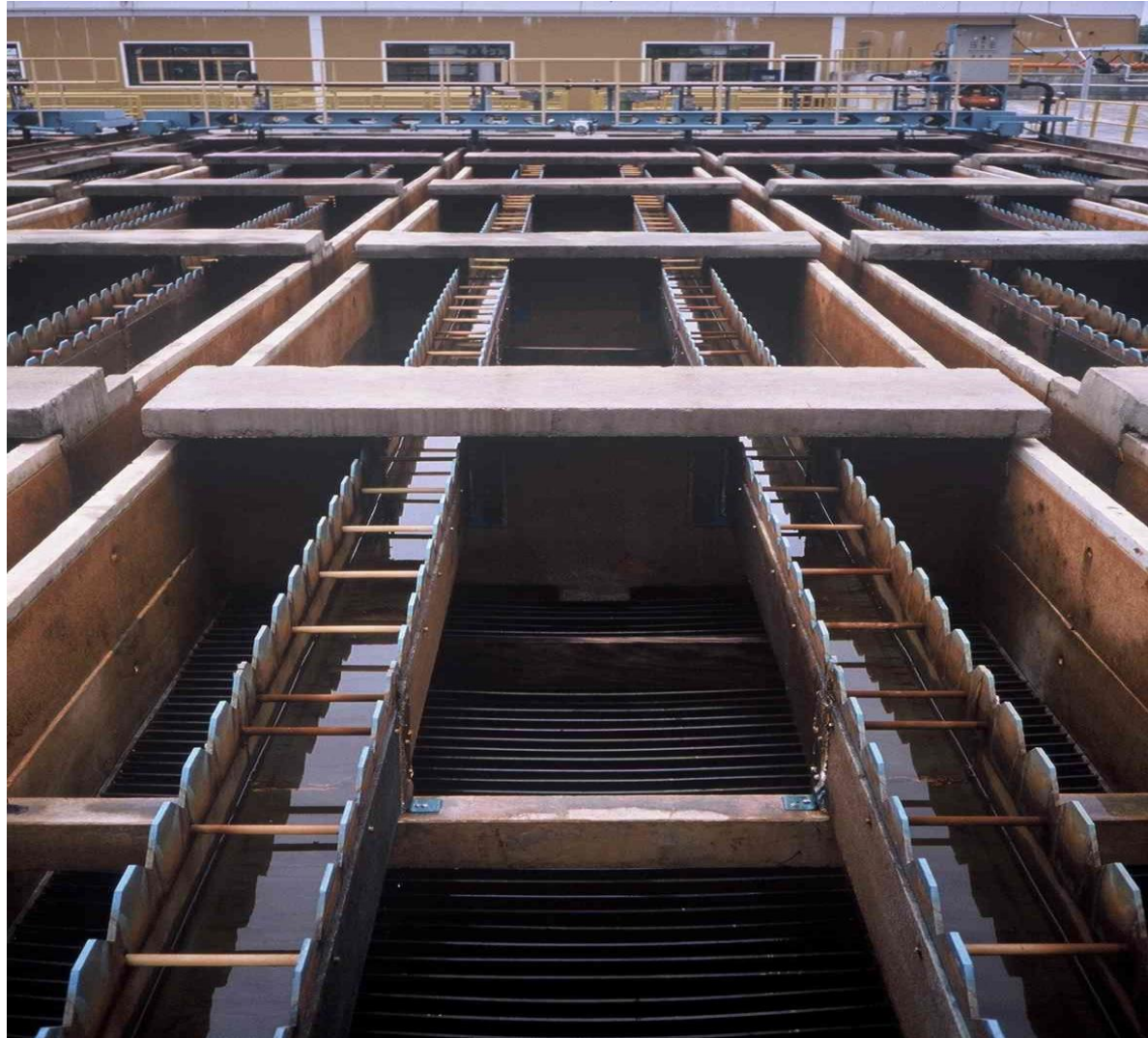


DECANTADORES LAMINARES – ALTO TEOR DE SÓLIDOS

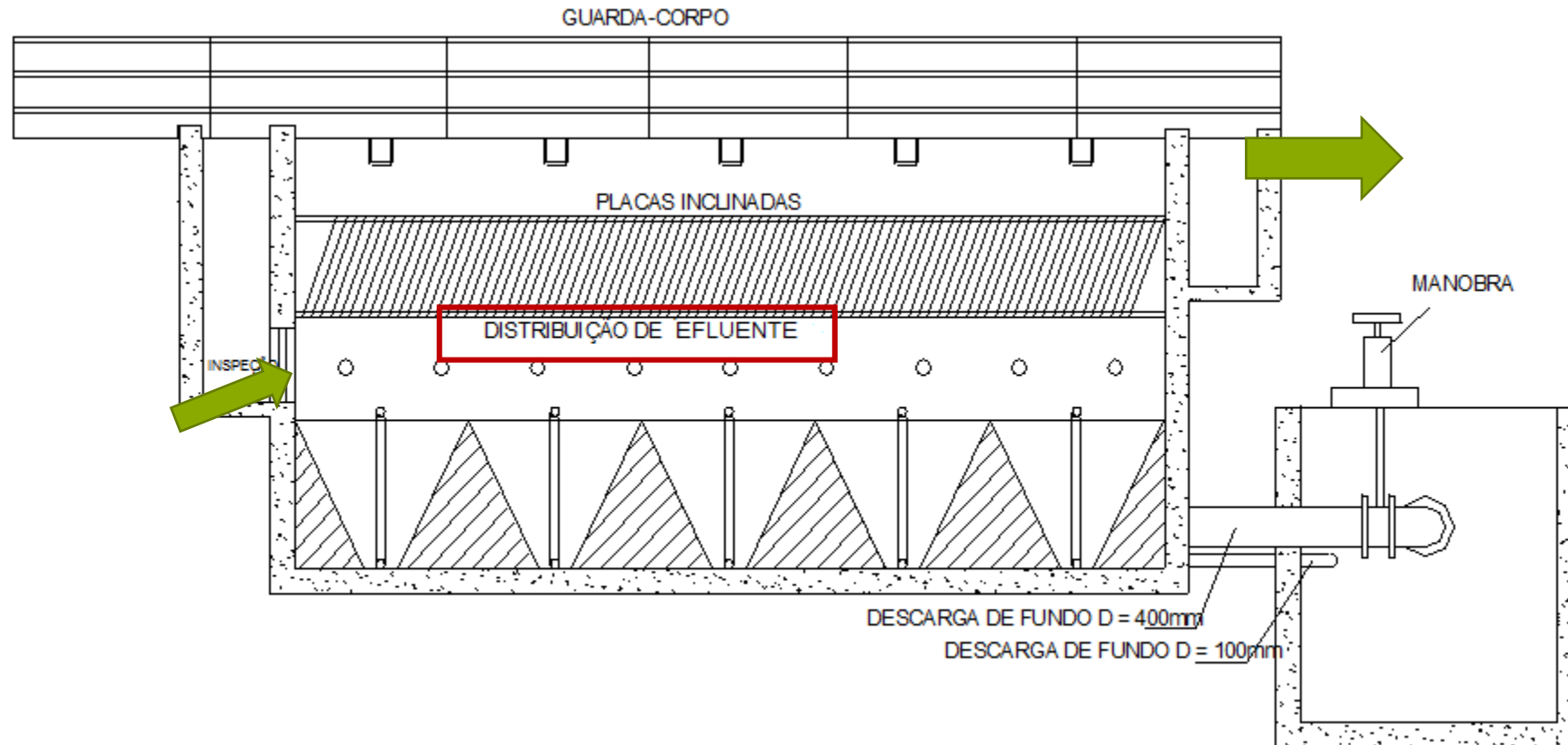




DECANTADORES LAMINARES – Alta taxa



DECANTADOR DE ALTA TAXA





DECANTADORES LAMINARES ETA





DECANTADORES LAMINARES





DECANTADORES LAMINARES ETA





DECANTADORES LAMINARES PARÂMETROS DE PROJETO

- ▶ **Velocidade de sedimentação: 20 $m^3/m^2/dia$ a 60 $m^3/m^2/dia$. Fç de Vs**
- ▶ **Ângulo das placas com a horizontal: 60°**



DECANTADORES LAMINARES PARÂMETROS DE PROJETO

- ▶ **Comprimento da placa: 0,6 metros a 1,2 metros**
- ▶ **Velocidade de escoamento entre as placas: 15 cm/min a 20 cm/min**
- ▶ **Espessura entre as placas: 4 cm a 8 cm**



DECANTADORES LAMINARES PARÂMETROS DE PROJETO

- ▶ **Altura do decantador: 4,0 metros a 6,0 metros.**
- ▶ **Relação Comprimento/Largura ≥ 2**
- ▶ **Taxa de escoamento linear (vertedor) $\leq 1,8$ l/m/s**

Remoção de sólidos sedimentáveis e de **matéria coloidal – gordura emulsificada**

Quando os flocos não são formados naturalmente

- Emprego de coagulantes (sulfato de alumínio, cloreto férrico, polieletrólitos)
- Floculação seguida de decantação ou flotação por ar dissolvido
- Remoção
 - SST > 75%
 - DBO > 65%
 - Fósforo > 80%

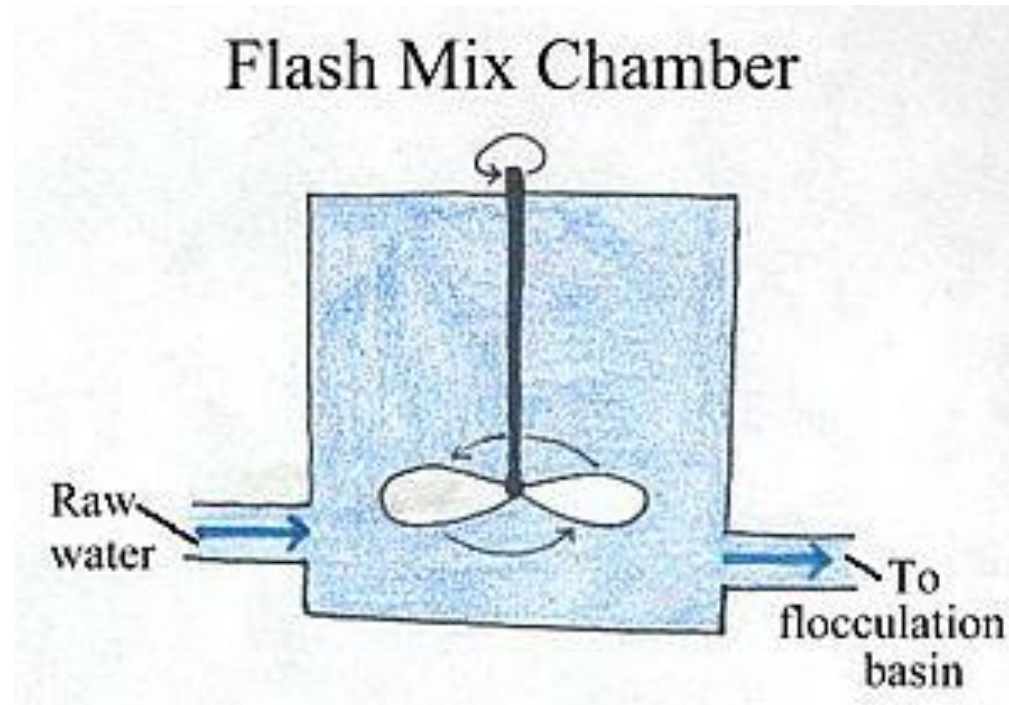
Remoção de sólidos sedimentáveis e de matéria coloidal

- Dosagem de agente coagulante: 60 a 80mg/L de cloreto férrico ou 150 mg/L de sulfato de alumínio

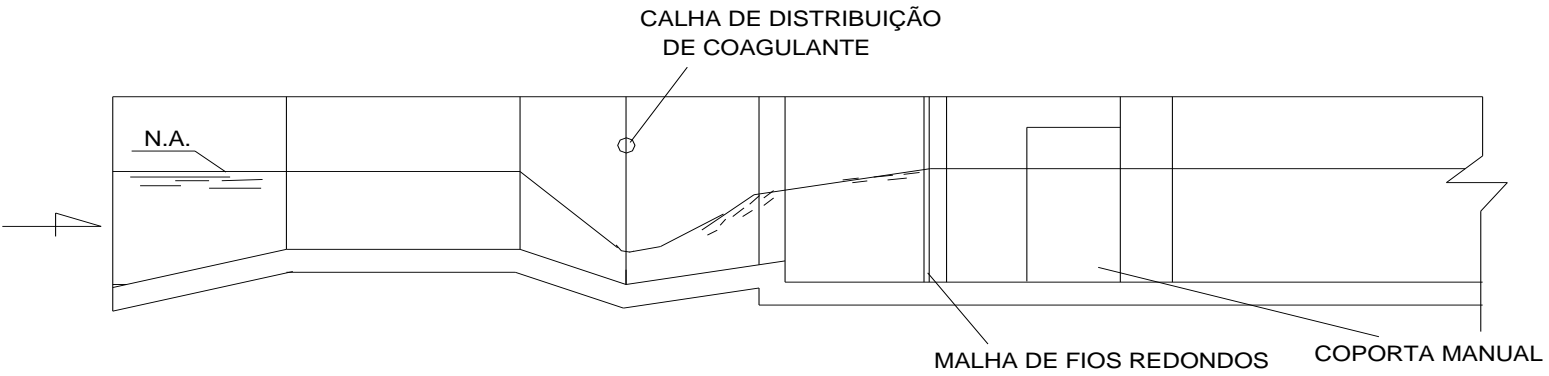
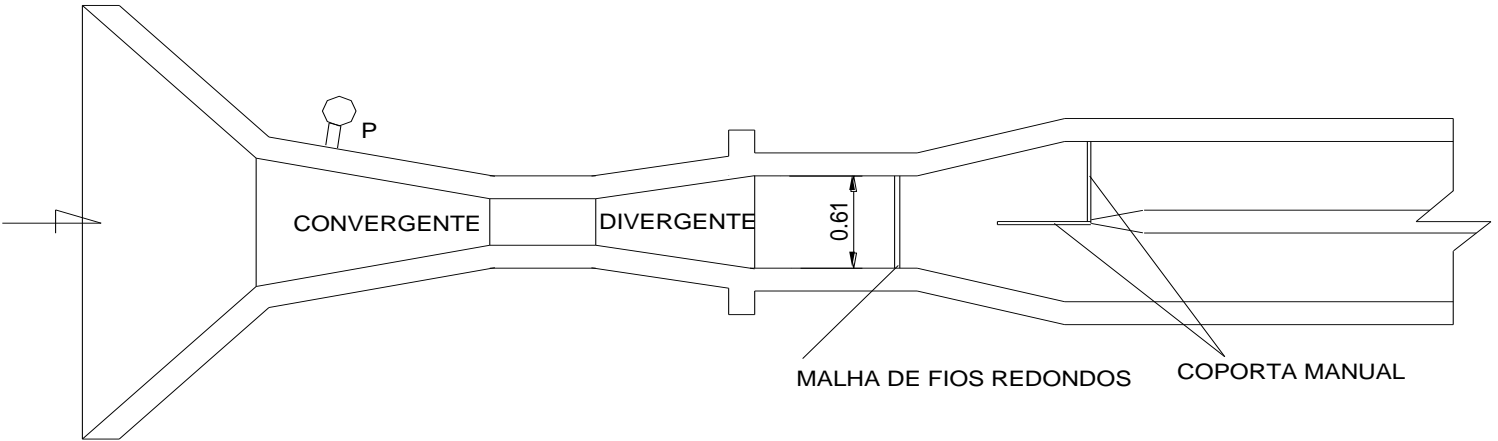
Mistura rápida

- *Operação destinada a dispersar os produtos químicos na água a ser tratada*
- *Coagulantes:*
 - $FeCl_3$, $Al_2(SO_4)_3$, polímeros
- *Parâmetros:*
 - *gradiente de velocidade $500-1200s^{-1}$*
 - *tempo de agitação $< 60s$*

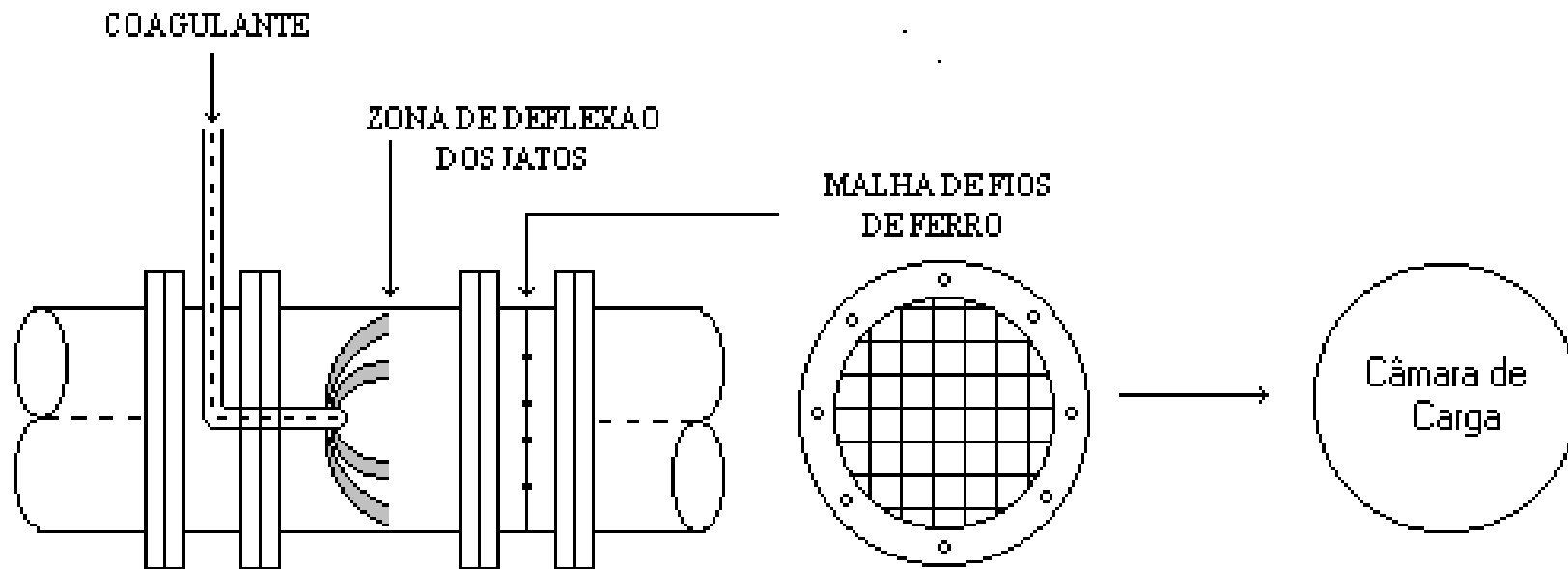
Mistura rápida



CALHA PARSHALL



Injetores



Coagulação - Definição

Coagulação é a operação unitária responsável pela desestabilização das partículas coloidais em um sistema aquoso, preparando as para a sua remoção nas etapas subsequentes do processo de tratamento

Coagulação – jar test



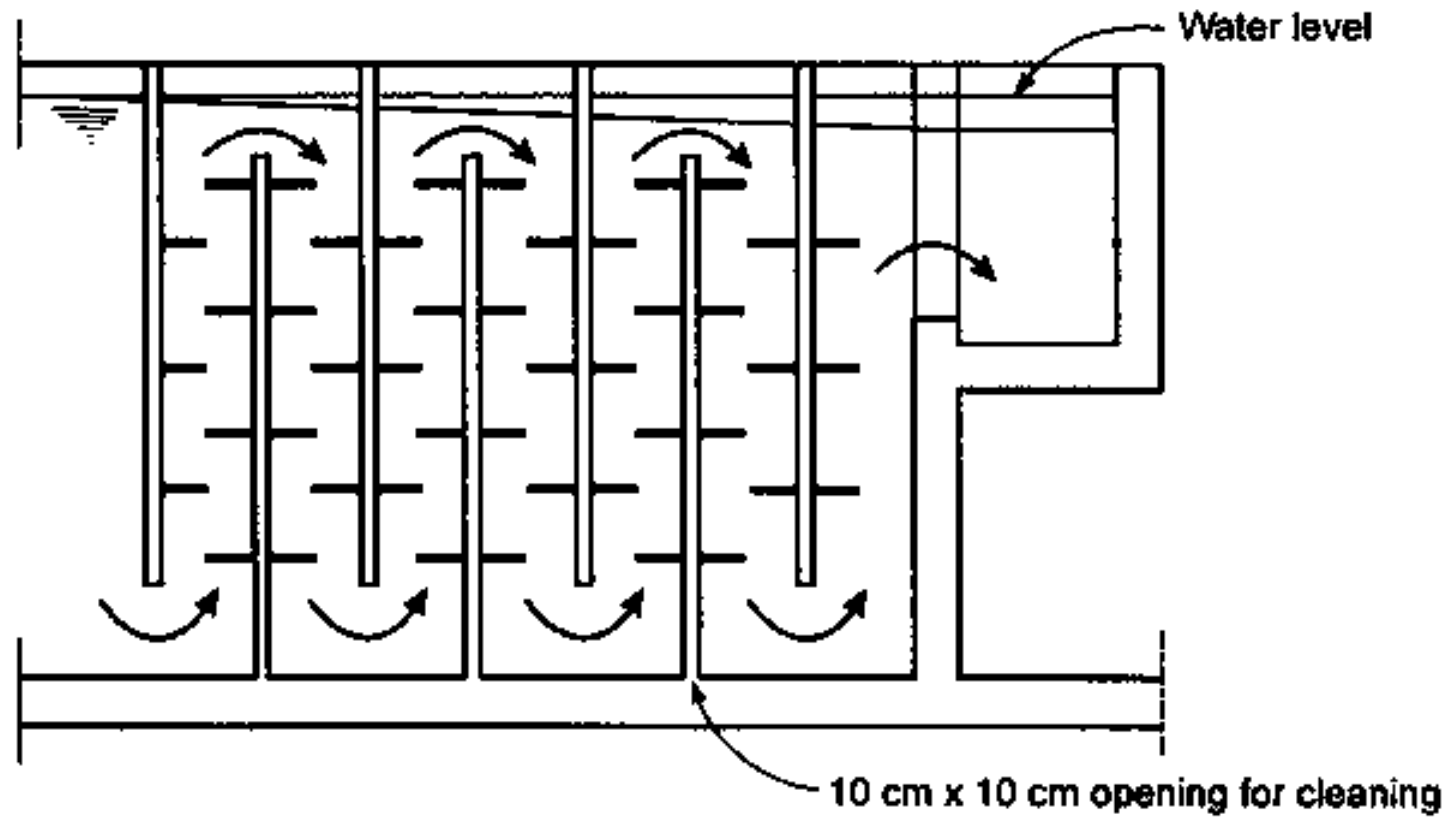
Coagulação

Parâmetro	Unidade hidráulica
Tempo de agitação (min)	13-20
Gradiente de velocidade (s^{-1})	60-100
Nº de câmaras em série	2-3

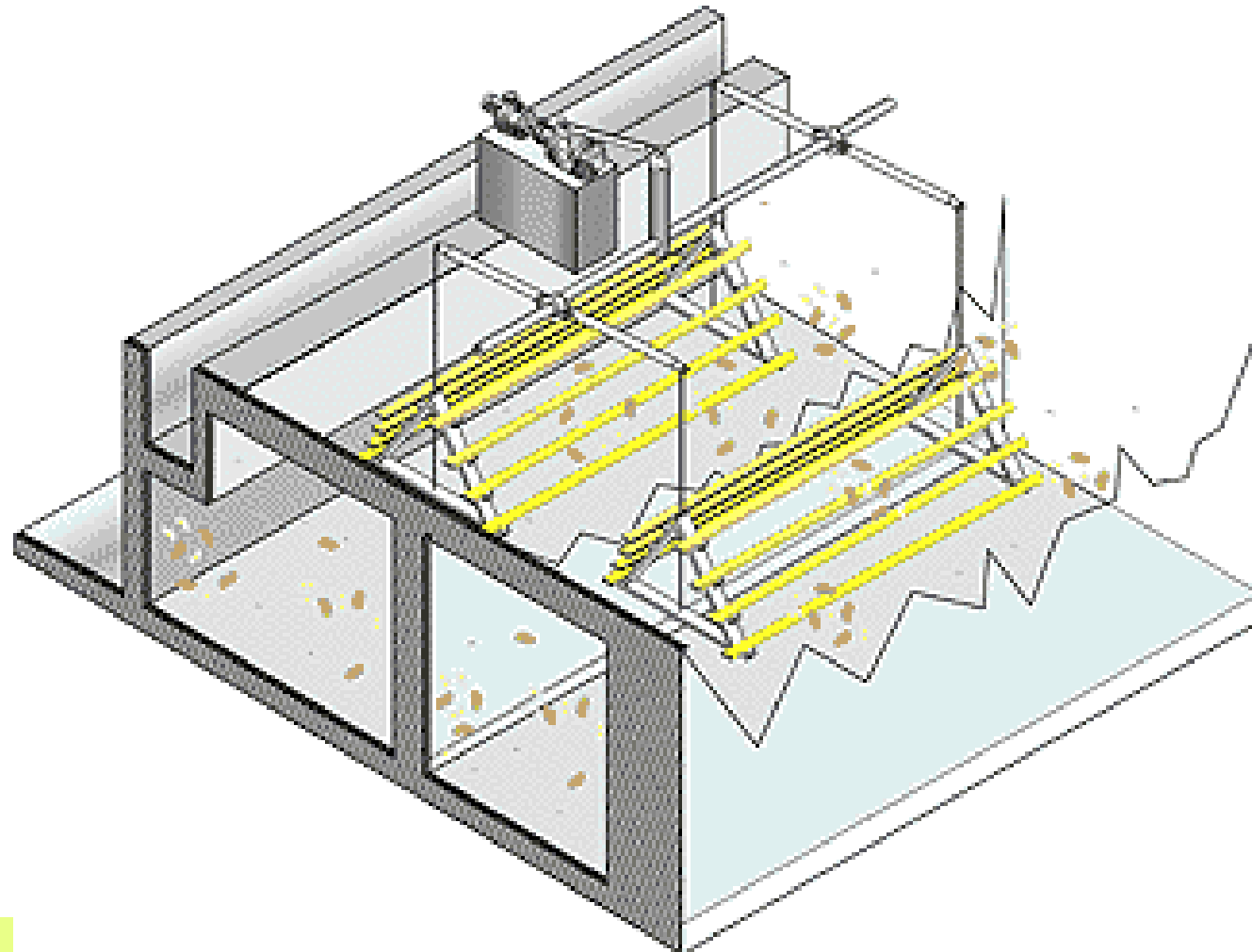
Floculação - Definição

A floculação 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.

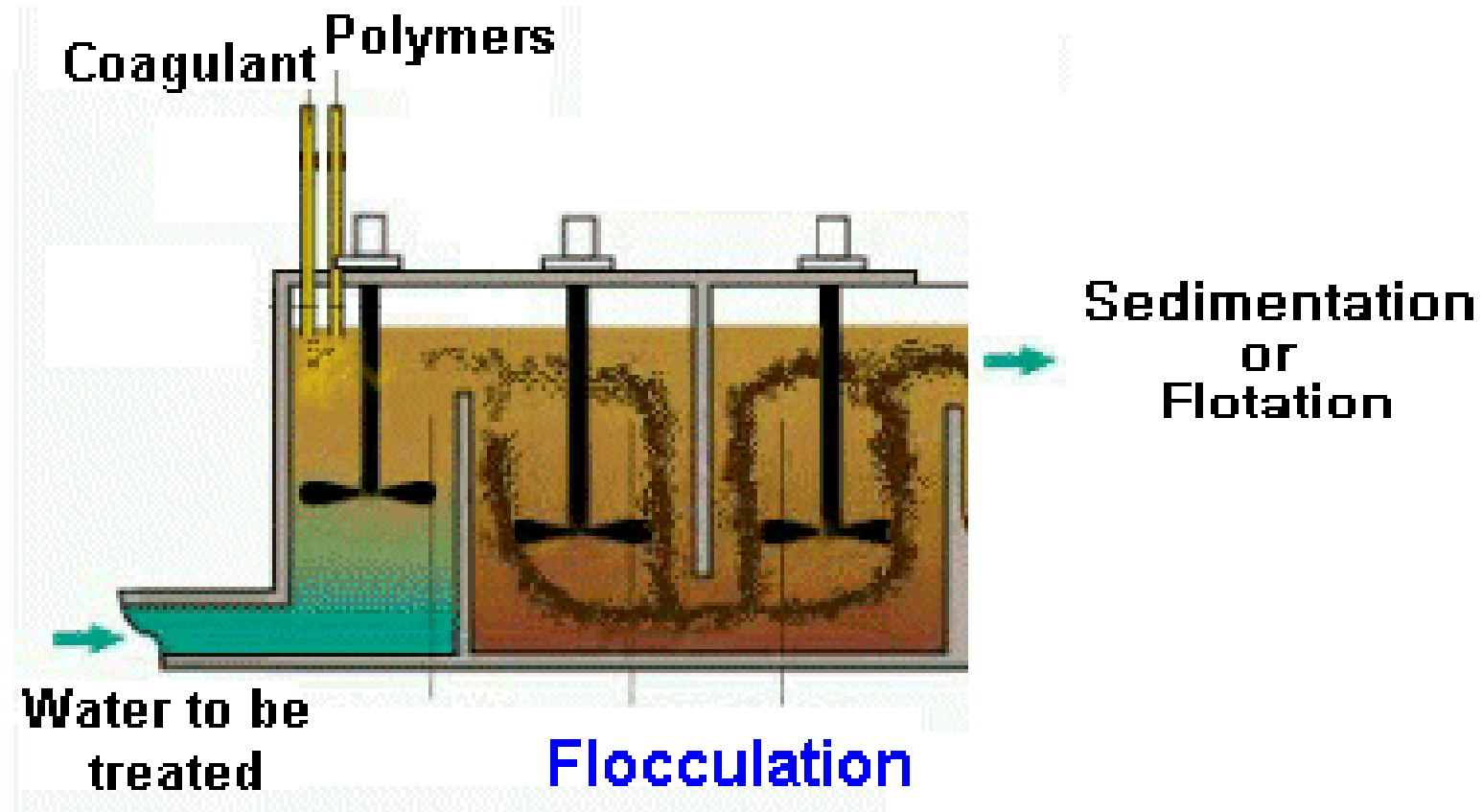
Floculação



Floculação



Floculação



FLOTAÇÃO – uma possibilidade para remoção de elevadas concentrações de gordura

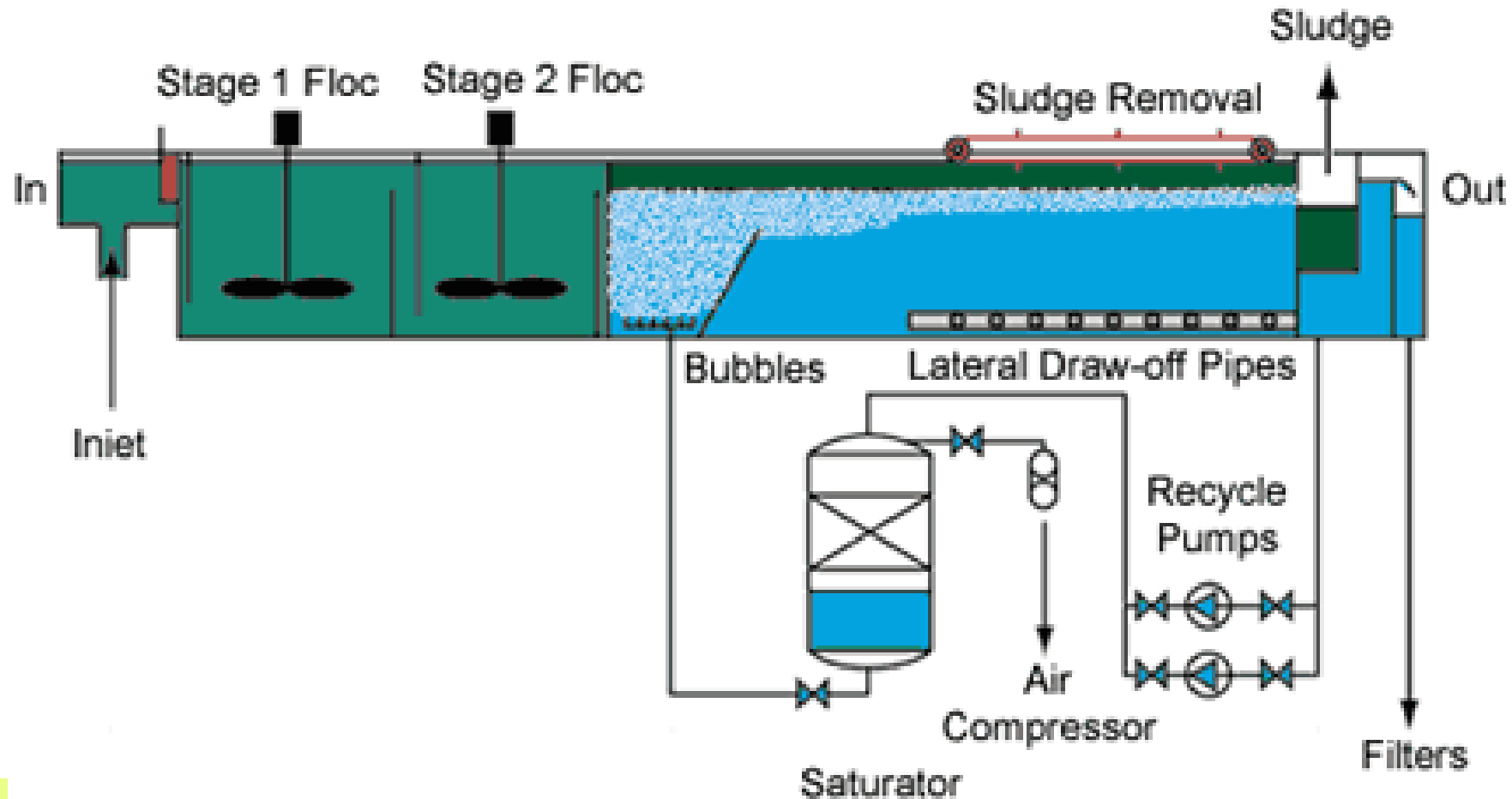
- A flotação de dispersões aquosas apresenta como princípio a separação de fases por meio da utilização de agentes com baixa densidade, normalmente bolhas de gás, as quais aderem à superfície das partículas dispersas, aumentando o empuxo sobre as mesmas, o que promove a separação.
- Pode ser dividida em três grupos:
 - Flotação por Ar Disperso:* Este tipo, geralmente envolve o uso de violenta agitação, usualmente através de rotores
 - Flotação Eletrolítica:* Consiste na geração de microbolhas de oxigênio e hidrogênio no interior da suspensão a ser tratada, através da aplicação de uma corrente elétrica
 - Flotação por Ar Dissolvido (FAD):* As bolhas de gás são obtidas através da liberação de parcela do gás previamente dissolvido na massa líquida, devido a um subsequente abaixamento da pressão

Flotação por ar dissolvido



Flotação por ar dissolvido

TYPICAL DAF INSTALLATION



Flotação por ar dissolvido

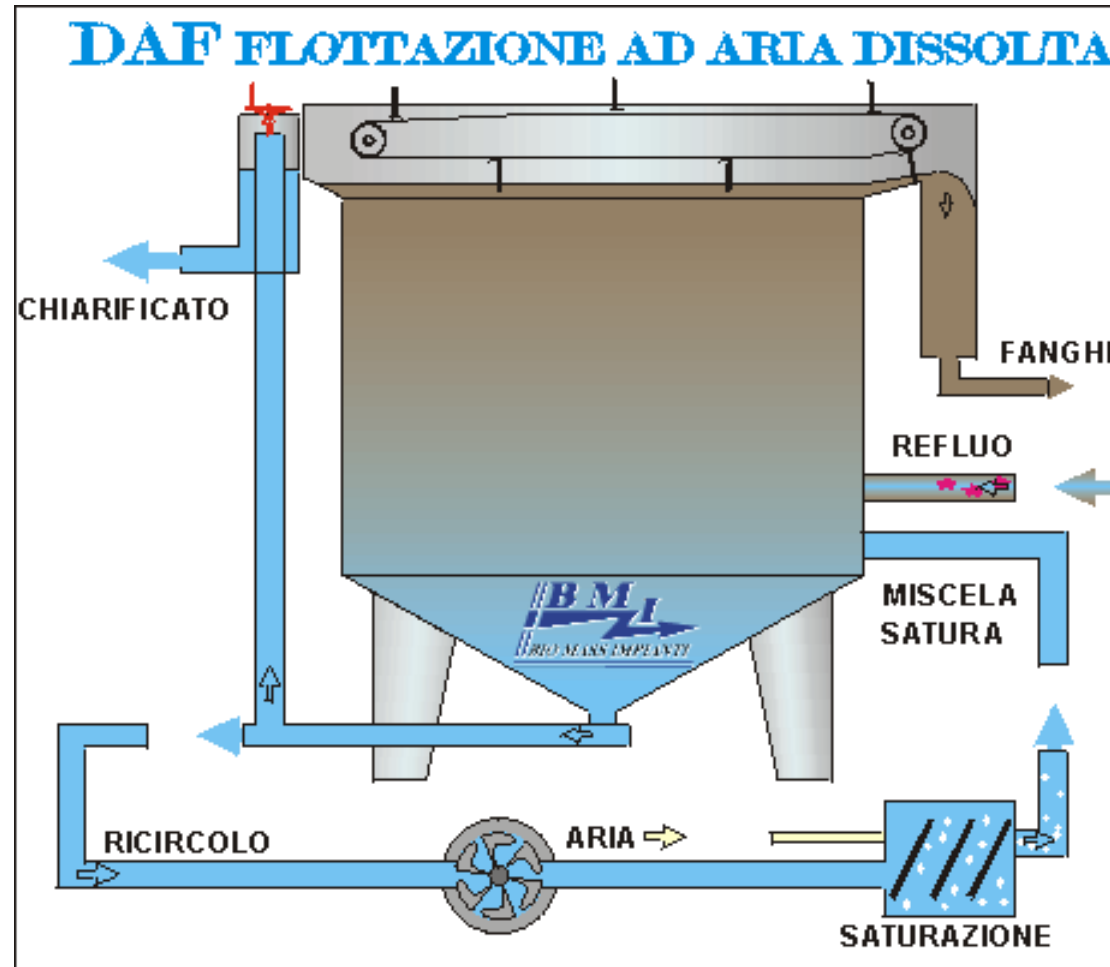
$$\frac{Ar}{sólidos} = \frac{1,3 * s_{ar} * (f * P - 1)}{sólidos} * \frac{Vazão_{recirculação}}{Vazão_{alimentação}}$$

Parâmetro	Significado
Ar/sólidos	Relação ar sólidos
S_{ar} (ml/L)	Solubilidade do ar
f	Fração de ar dissolvido na pressão P
P (atm)	Pressão na Câmara de saturação
Sólidos (mg/L)	Sólidos suspensos

Flotação por ar dissolvido

Parâmetro	Unidade hidráulica
Taxa de recirculação (%)	18
Taxa de aplicação superficial ($\text{m}^3/\text{m}^2 \cdot \text{dia}$)	150-200
Pressão na Câmara de saturação (kPa)	450
Relação ar/sólidos	0,005-0,060

Flotação por ar dissolvido



BIBLIOGRAFIA

Marcos von Sperling (1997). Princípios do tratamento biológico de águas residuárias (Volume 4). UFMG, Belo Horizonte, Minas Gerais – Brasil.

Notas de aula da disciplina PHD 2411 - SANEAMENTO I (USP – SP) lecionada pelo Prof. Dr. Roque Passos Piveli e pelo Prof. Dr. Sidney Seckler Ferreira Filho