

**TRATAMENTO DE LODO GERADO EM
ESTAÇÕES DE TRATAMENTO DE
ESGOTO SANITÁRIO**

TRATAMENTO DE LODO

TRATAMENTO DE ESGOTOS → PRODUÇÃO DE LODO →

NECESSIDADE DE TRATAMENTO E DISPOSIÇÃO FINAL

PRODUÇÃO DE LODO

EXEMPLOS:

- LODOS ATIVADOS: 0,6 a 0,8 kg SS / kg DBO
- LAGOAS AERADAS: 0,3 kg SS / kg DBO
- REATORES ANAERÓBIOS: 0,24 kg SS / kg DBO

TRATAMENTO DE LODO - ETAPAS

ADENSAMENTO → DIGESTÃO → DESIDRATAÇÃO

OBJETIVOS:

- ADENSAMENTO

REMOVER ÁGUA/AUMENTAR TEOR DE SÓLIDOS/REDUZIR VOLUME

- DIGESTÃO

COMPLEMENTAR A ESTABILIZAÇÃO BIOQUÍMICA/AUMENTAR O GRAU DE MINERALIZAÇÃO

- DESIDRATAÇÃO

AUMENTAR O TEOR DE SÓLIDOS/PERMITIR A DISPOSIÇÃO FINAL EM ATERRO

ADENSAMENTO DE LODO - ALTERNATIVAS

ALTERNATIVAS

- **ADENSAMENTO POR GRAVIDADE**
Para Lodo Primário e Secundário
- **ADENSAMENTO POR FLOTAÇÃO COM AR DISSOLVIDO**
Somente Para Excesso de Lodo Biológico
- **ADENSAMENTO MECÂNICO**
Adensador de Esteira, centrífuga e tambor rotativo

ADENSADORES DE LODO POR GRAVIDADE DA ETE BARUERÍ/SP



ADENSADORES DE LODO POR GRAVIDADE DA ETE BARUERÍ/SP



Taxas em Adensadores NBR 12.209

Tipo de lodo	Máxima taxa de aplicação de sólidos (kg SS/m ² .d)	Máxima taxa de aplicação hidráulica (m ³ / d.m ²)	Máximo teor de sólidos em suspensão no lodo adensado (%)
Lodo primário bruto	150	30	8
Lodo primário estabilizado	120	50	8
Lodo biológico (lodo ativado)	30	8	3
Lodo biológico (filtro biológico)	50	8	6
Lodo misto (primário bruto + lodo ativado)	50	12	6
Lodo misto (primário bruto+ filtro biológico)	60	12	7

ADENSAMENTO POR GRAVIDADE

Recomendações da NBR-12.209

Profundidade Útil Mínima: 3,0 m

Tempo de Detenção Hidráulico Máximo: 24 horas

Diâmetro > 3 m \Rightarrow Removedor Mecanizado de Lodo

EXEMPLO DE DIMENSIONAMENTO

Dados:

- **Tipo de lodo: Primário + Filtro Biológico**
- **Produção de lodo: $\Delta X = 2254 \text{ kg SS / dia}$**
- **Massa específica do lodo: 1020 kg/m^3**
- **Teor de sólidos do lodo: 1%**
- **Vazão de lodo: $Q = 2254 / (0,01 \times 1020) = 221 \text{ m}^3/\text{dia}$**

ADENSAMIENTO DE LODOS DE ETEs



$$V_{lodo\ 1} = \frac{M_{seca\ 1} \cdot 100}{\rho_{lodo} \cdot TS(\%)_1}$$

$$V_{lodo\ 2} = \frac{M_{seca\ 2} \cdot 100}{\rho_{lodo} \cdot TS(\%)_2}$$

Adensador por Gravidade - Exemplo

- ⌘ Taxa de Aplicação de Sólidos: 60 kg SS / m² .dia (ADOTADA)
- ⌘ Área Necessária do Adensador:
- ⌘ $A_{AD} = 2254 / 60 = 37,6 \text{ m}^2$ (diâmetro D = 6,9 m)
- ⌘ Adotando-se o diâmetro D = 7 m:
Área do adensador: 38,5 m²

Taxa de aplicação de sólidos:

$$2254 / 38,5 = 58,5 \text{ kg SS / m}^2.\text{dia}$$

Adensador por Gravidade

- ⌘ Profundidade útil adotada: $H_u = 4 \text{ m}$
- ⌘ Volume útil resultante: $V_u = 4 \times 38,5 = 154 \text{ m}^3$
- ⌘ Tempo de detenção hidráulica:
- ⌘ $t_d = V / Q = 154 / 221 = 0,7 \text{ d} = 16,7 \text{ h}$
- ⌘ Taxa de Escoamento Superficial:
- ⌘ $q_A = Q / A_s = 221 / 38,5 = 5,7 \text{ m}^3/\text{m}^2.\text{dia}$

Adensador por Gravidade

- ⌘ **Teor de Sólidos no Lodo Adensado: 4% (ESTIMADO)**
- ⌘ **Vazão de lodo adensado, para massa específica de 1.030 kg / m³:**
- ⌘ **$Q_{L.AD} = 2254 / (0,04 \times 1.030) = 54,7 \text{ m}^3/\text{dia}$**
- ⌘ **Vazão de Recirculação: 221 – 54,7 = 166,3 m³/dia**
- ⌘ **O ADENSADOR DEVERÁ POSSUIR REMOVEDOR MECANIZADO DE LODO**

ADENSADORES DE LODO POR FLOTAÇÃO DA ETE BARUERÍ/SP



Taxas em Adensadores por Flotação – NBR-12.209

Tipo de lodo	Relação Ar/Sólidos kg/kg	Taxa de Aplicação de Sólidos kgSS/m ² .d	Taxa de Aplicação Hidráulica m ³ /m ² .d
Lodo primário bruto	0,04 – 0,07	90 – 200	90 - 250
Lodo biológico (lodo ativado)	0,02 – 0,05	50 – 120	60 – 220
Lodo biológico (filtro biológico)	0,02 – 0,05	50 – 120	90 – 250
Lodo Misto (primário bruto + lodo ativado)	0,02 – 0,05	60 – 150	90 – 250
Lodo misto (primário bruto+ filtro biológico)	0,02 – 0,05	60 – 150	90 - 250

(*)Teor de sólidos no lodo flotado: 3 a 6%

Adensamento Mecânico



PARÂMETROS DE PROJETO DE ADENSADORES MECÂNICOS DE ESTEIRA EM ETES

Largura da esteira (metros)	Carga Hidráulica (L/s)	Carga Hidráulica (L/m.min)
1,0	6,0 a 16	380 a 960
1,5	9,5 a 24,0	380 a 960
2,0	12,7 a 32,0	380 a 960
3,0	18,0 a 47,0	380 a 960

Na ausência de dados experimentais, a carga de sólidos deve situar-se entre de 200 a 600 kg/m/h e vazão hidráulica em torno de 800 L/m/min

DIGESTÃO DE LODO

ALTERNATIVAS

- AERÓBIA

Menor custo de implantação

- ANAERÓBIA

Menor custo de operação

DIGESTORES ANAERÓBIOS DE LODO DA ETE BARUERÍ/SP



DIGESTORES ANAERÓBIOS DE LODO DA ETE BARUERÍ/SP



DIGESTORES ANAERÓBIOS DE LODO DA ETE SUZANO/SP



DIGESTORES ANAERÓBIOS

CLASSIFICAÇÃO de acordo com a NBR – 12.209:

- **BAIXA TAXA**

Sem homogeneização e sem aquecimento

- **CONVENCIONAIS**

Com homogeneização mas sem aquecimento

- **ALTA TAXA**

Com homogeneização e com aquecimento

DIGESTORES ANAERÓBIOS

	Taxa de Aplicação de SSV (kg SSV / m ³ . dia)	Tempo de Detenção Hidráulico (dias)
Baixa Taxa	< 0,5	> 45
Convencional	< 1,2	> 30
Alta Taxa	< 4,8	> 18

Observação: Podem ser usados digestores de segundo estágio, para armazenamento do lodo e remoção de sobrenadante. O volume do digestor de segundo estágio é de cerca de 1/3 do volume de primeiro estágio, determinado pelos critérios apresentados.

DIGESTORES ANAERÓBIOS

EXEMPLO DE DIMENSIONAMENTO: DIGESTOR DE BAIXA TAXA

Dados:

- Produção de lodo: $\Delta X = 2254 \text{ kg SS / dia}$
- Fração Volátil: $\Delta X_v = 1757 \text{ kg SSV / dia}$
- Teor de sólidos do lodo: 4%
- Vazão de lodo: $Q = 54,7 \text{ m}^3/\text{dia}$

Taxa de Aplicação de SSV : $0,5 \text{ kg SSV} / \text{m}^3 \cdot \text{dia}$
(ADOTADA)

Volume necessário de digestores anaeróbios:

$$V_{\text{DIG.AN}} = 1757 / 0,5 = 3.514 \text{ m}^3$$

Para atender o tempo de detenção mínimo de 45 dias, tem-se:

$$V_{\text{DIG.AN}} = 45 \times 54,7 = 2.461,5 \text{ m}^3$$

Deverão ser adotados três digestores de 1.200 m^3 cada, perfazendo um volume útil total de 3.600 m^3 .

DIGESTÃO AERÓBIA

NBR 12.209 - ABNT

TRH { Apenas lodo biológico: TRH \geq 12 dias
Lodo misto: TRH \geq 18 dias

Taxa de aplicação de SSV \leq 3,5 kg/m³.d

NEC_{O₂} { Lodo biológico: NEC_{O₂} \geq 2,3 kgO₂/kg SSV destruído
Lodo misto: NEC_{O₂} \geq 2,3 + 1,5 kgO₂/ kg DBO

$OD_{DA} \geq 2 \text{ mgO}_2/\text{L}$

Aeração superficial: Densidade de potência $\geq 25 \text{ W/m}^3$

Ar difuso: $\geq 1,2 \text{ m}^3$ de ar por hora e por m^3 do volume útil

A adoção da digestão aeróbia em ETEs com vazão superior a 250 L/s deve ser justificada.

Admite-se obter uma destruição máxima de 40% de SSV.

DESIDRATAÇÃO DE LODO

OBJETIVO: Elevar o teor de sólidos do lodo, geralmente acima de 20%, de modo a reduzir o volume a ser transportado e a permitir a sua disposição final em aterros, agricultura, etc..

ALTERNATIVAS

- **DESIDRATAÇÃO NATURAL**
Leitos de Secagem de Lodo
- **DESIDRATAÇÃO MECANIZADA**
Máquinas Desaguadoras

LEITOS DE SECAGEM DE LODO DA ETE DE RIBEIRÃO PIRES/SP



LEITOS DE SECAGEM DE LODO DA ETE DE RIBEIRÃO PIRES/SP



LEITOS DE SECAGEM DE LODO DA ETE DE RIBEIRÃO PIRES/SP



LEITOS DE SECAGEM DE LODO DA ETE DE JUQUITIBA/SP



LEITOS DE SECAGEM DA ETE MENINO DEUS – CURITIBA/PR



Leitos de Secagem Cobertos

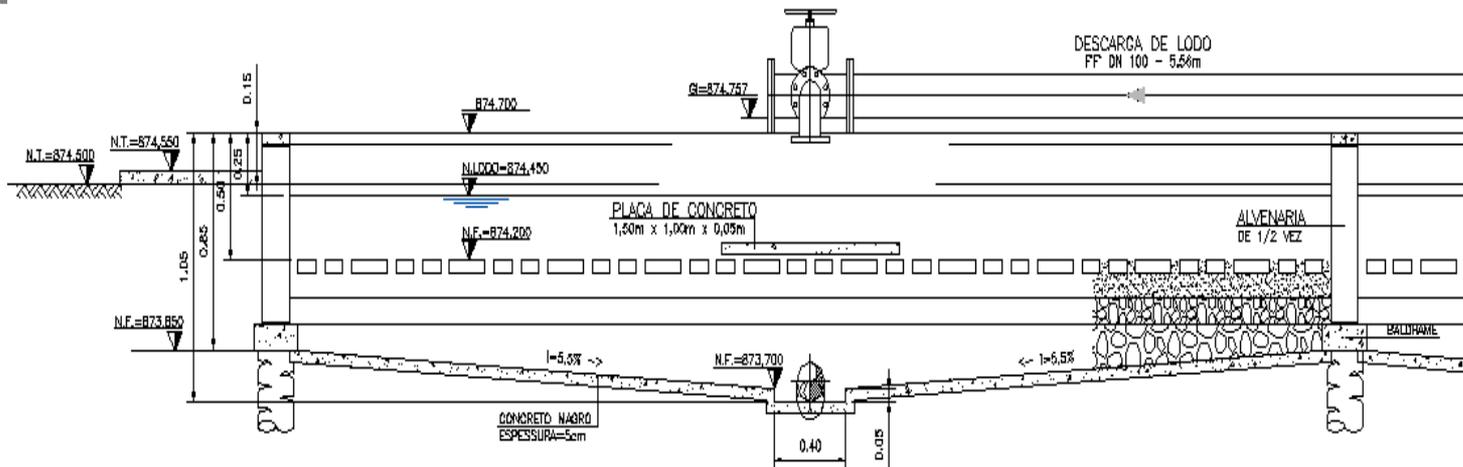


Leitos de Secagem Cobertos

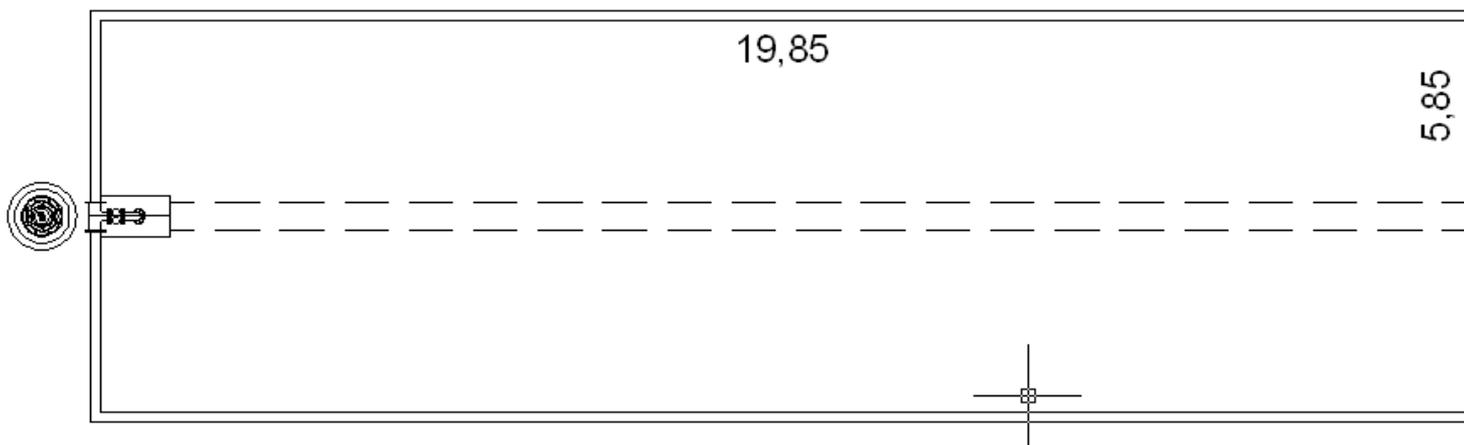


Leitos de Secagem Cobertos





TRATAMENTO DE LODO



LEITOS DE SECAGEM DE LODO

DIMENSIONAMENTO

NB – 570 \Rightarrow TAXA DE APLICAÇÃO DE SÓLIDOS < 15
kg SS / m² x ciclo

Exemplo de dimensionamento

Dados:

- Produção de lodo: $\Delta X = 2254$ kg SS / dia
- Fração Volátil: $\Delta X_v = 1757$ kg SSV / dia

LEITOS DE SECAGEM DE LODO

Considerando-se que, anteriormente à secagem, o lodo sofrerá redução de 55% dos sólidos voláteis devido à digestão anaeróbia, tem-se:

$$\Delta X_{v,RED} = 0,55 \times 1757 = 966 \text{ kg SSV / dia}$$

$$\Delta X_{p/secagem} = 2254 - 966 = 1288 \text{ kg SS / dia}$$

$$\Delta X_{p/secagem} = 1288 \times 365 = 470120 \text{ kg SS / ano}$$

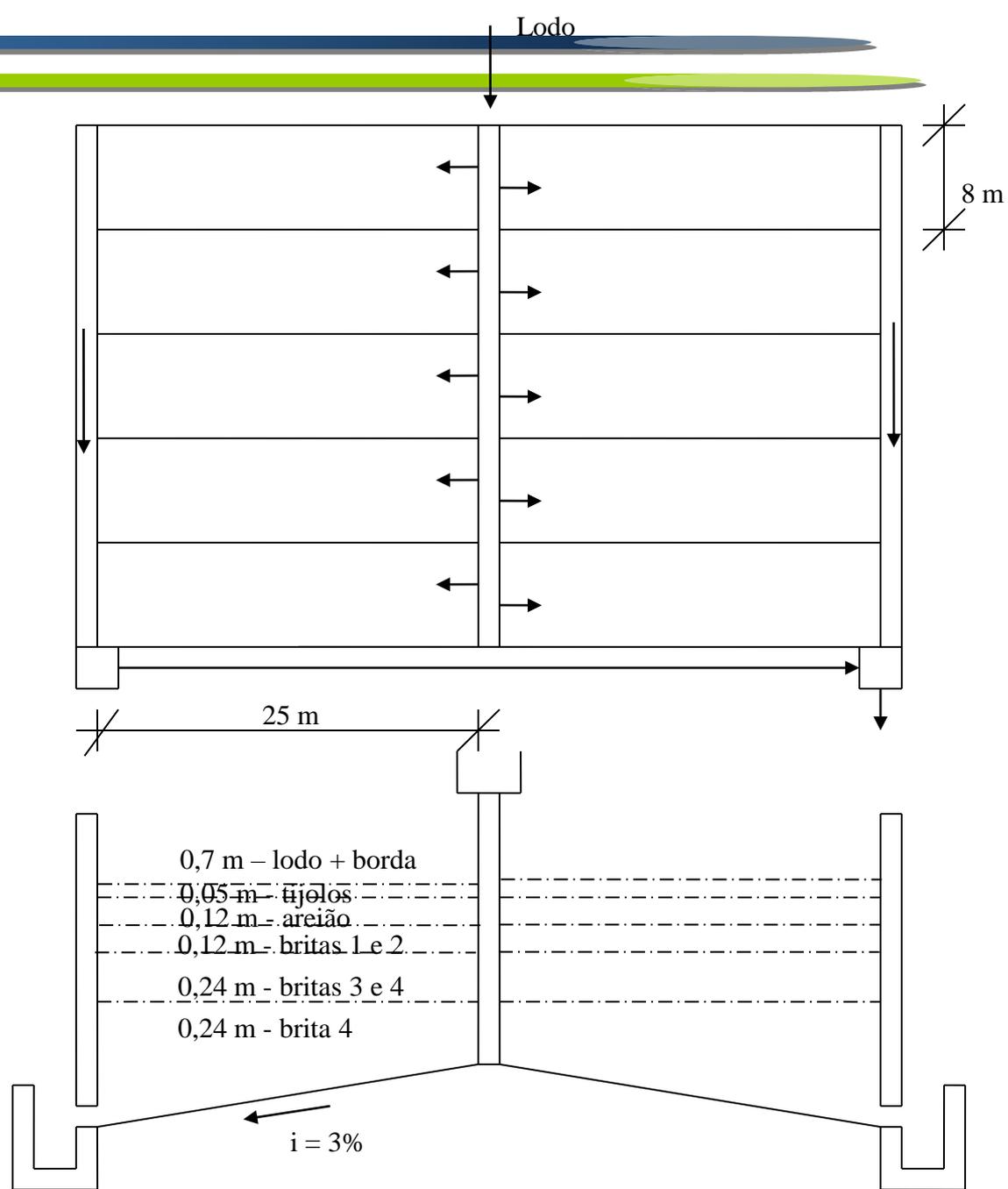
LEITOS DE SECAGEM DE LODO

Adotando-se 12 ciclos de secagem por ano, tem-se:

$$\Delta X_{p/\text{secagem}} = 470120 / 12 = 39177 \text{ kg SS / ciclo}$$

Adotando-se a taxa de 12,5 kg SS / m² x ciclo, tem-se a seguinte área necessária de leitos de secagem de lodo:

$$A_{L.SEC} = 39.177 / 12,5 = 3.134 \text{ m}^2$$



Bags – ETE Limoeiro/PP



Bags



Bags

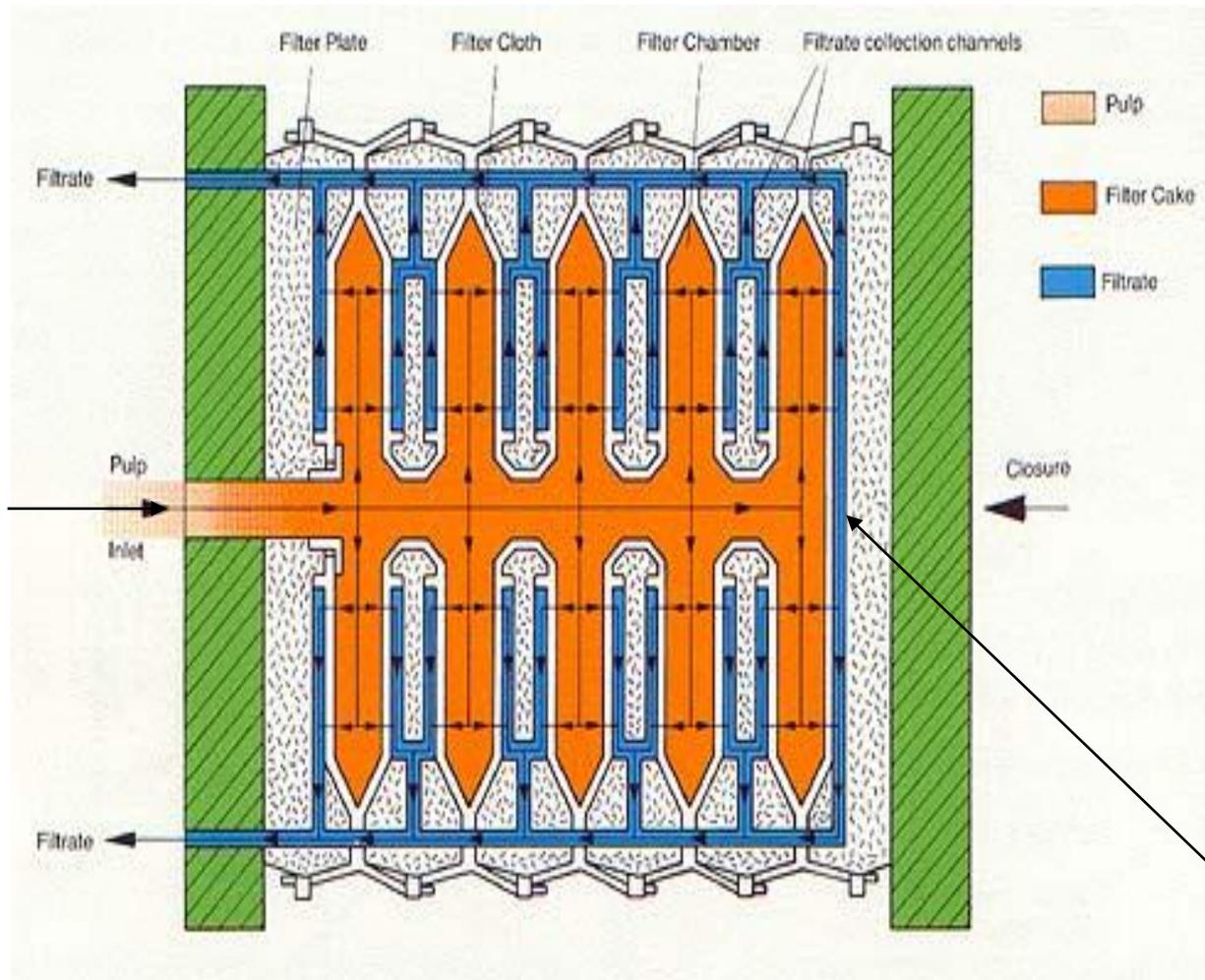


DESIDRATAÇÃO MECÂNICA DE LODO

PRINCIPAIS TIPOS DE MÁQUINAS DESAGUADORAS

- DECANTER CENTRÍFUGO
- FILTRO-PRENSA DE PLACAS
- FILTRO-PRENSA CONTÍNUO DE ESTEIRA
- FILTRO À VÁCUO

Esquema de um Filtro-Prensa de Placas



Entrada do lodo do tanque adensador

Saídas laterais de líquido

Formação de Torta





DESIDRATAÇÃO MECÂNICA DE LODO

NECESSIDADE PRÉVIA DE
CONDICIONAMENTO QUÍMICO DO LODO

DOSAGENS TÍPICAS:

POLIELETRÓLITO: 0,5 a 0,6 kg / 100 kg SS

CLORETO FÉRRICO E CAL

FeCl_3 : 7 kg / 100 kg SS

Ca(OH)_2 : 15 kg / 100 kg SS

Desidratação Mecânica de Lodo

DIMENSIONAMENTO – FILTRO-PRENSA DE PLACAS

$$V = 100 (SS) / N \cdot P \cdot \rho$$

V: Volume do filtro-prensa (Litros)

(SS): carga de sólidos em suspensão (kg/dia)

N: número de prensagens por dia

P: Teor de sólidos da torta (%)

ρ : Massa específica da torta (kg/L)

Dimensionamento - Filtro Prensa de Placas

Dados:

$$\Delta X = 6825 \text{ kg SS / dia}$$

$$N = 4$$

$$P = 30\%$$

$$\rho = 1,06$$

Volume do filtro-prensa:

$$V = (100 \times 6825) / (4 \times 30 \times 1,06) = 5.366 \text{ L}$$

Utilizando-se placas de (1,5 m x 1,5 m) e 3 cm de espessura:

$$V_{\text{câmara}} = 1,5 \times 1,5 \times 0,03 = 0,0675 \text{ m}^3 = 67,5 \text{ L}$$

$$\text{Número de placas} = 5.366 / 67,5 = 80$$

EXEMPLO DE DIMENSIONAMENTO: FILTRO-PRENSA CONTÍNUO DE ESTEIRA

Dados:

- $\Delta X = 8212 \text{ kg SS / dia}$

- $\rho = 1030 \text{ kg / m}^3$

- Teor de sólidos: 5%

- Vazão de lodo:

$$Q_{\text{LODO}} = 8212 / (0,05 \times 1030) = 160 \text{ m}^3/\text{dia}$$

Utilizando-se a taxa de aplicação de 300 kg SS / m x h e dois filtros de 1 m de largura de esteira, tem-se o seguinte número de horas diárias de funcionamento:

$$\text{N}^{\circ} \text{ Horas/dia} = 8.212 / (300 \times 2) = 14$$

Consumo de polieletrólito:

Médio: 6 kg / 1000 kg SS

Máximo: 8 kg / 1000 kg SS

Teor de sólidos no lodo desidratado: 30%

Volume de lodo desidratado, com $\rho = 1060 \text{ kg / m}^3$ e 90% de captura de sólidos

$$V_{\text{lodo seco}} = (0,9 \times 8212) / (0,3 \times 1060) = 23 \text{ m}^3/\text{dia}$$

ALTERNATIVA: DECANter CENTRÍFUGO

Escolhendo-se uma centrífuga com capacidade de alimentação de $10 \text{ m}^3/\text{hora}$, tem-se o seguinte número de horas diárias de funcionamento:

$$\text{N}^\circ. \text{ Horas/dia} = 160 / 10 = 16$$

Considerando-se o lodo desidratado a 20% de sólidos, $\rho = 1060 \text{ kg} / \text{m}^3$ e 90% de captura de sólidos, tem-se a seguinte vazão de lodo desidratado:

$$V_{\text{lodo seco}} = (0,9 \times 8212) / (0,2 \times 1060) = 35 \text{ m}^3/\text{dia}$$



Pós – Secagem de Lodo

{ Estufa Agrícola
{ Secagem Térmica

Pós – Secagem de Lodo

↳ Estufa Agrícola

Desenvolvimento
da pesquisa



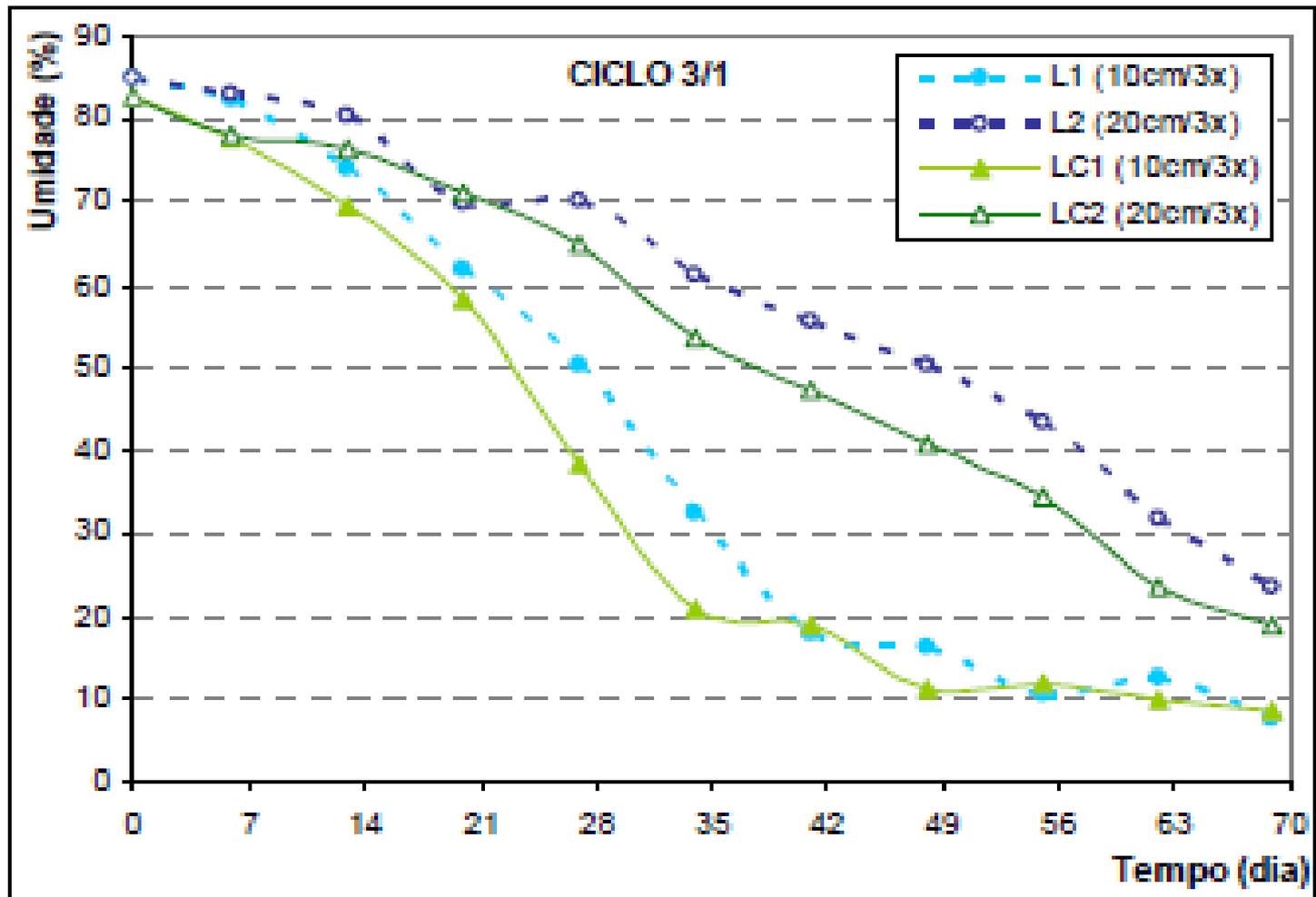
CICLO 1/M (14º dia)

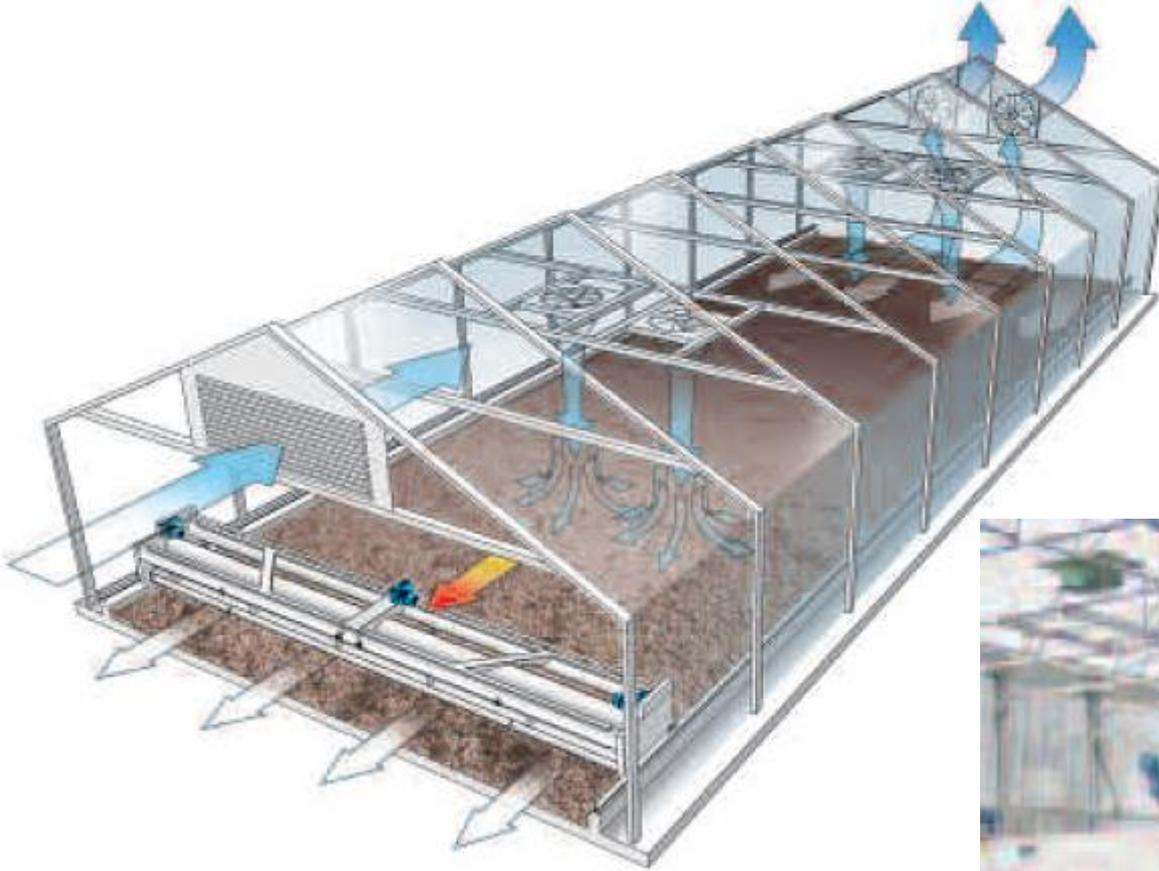


CICLO 1/M (início)



Curva de teor de umidade





Huber (KULT – SRT)



Pós – Secagem de Lodo

↳ Secagem Térmica

Secagem Térmica



SABESP - ETE São Miguel

Pellets

