

Curso de Tratamento de Águas Residuárias

ENG. JOSÉ M. DE AZEVEDO NETTO
Prof. Catedrático da Faculdade de Higiene e Saúde Pública da U.S.P

continuação

CAPÍTULO 4

CAIXAS DE AREIA (Desarenadores)

5.01 — Conceito

Caixas de areia ou desarenadores são unidades destinadas a reter areia e outros detritos minerais inertes e pesados, que se encontram nas águas de esgotos (entulhos, seixos, partículas de metal, carvão etc.).

Esses materiais provêm de lavagens, enxurradas, infiltrações, águas residuárias das indústrias, etc.

A remoção da areia é feita para proteção de bombas contra a abrasão, para evitar entupimentos e obstruções de canalizações e para impedir a formação de depósitos de material inerte nos decantadores, digestores, etc.

5.02 — Princípio de funcionamento

Condições dinâmicas de uma corrente líquida, notadamente a turbulência, são responsáveis pelo transporte de partículas sólidas mais densas do que a água.

Essas partículas são conduzidas em suspensão ou são arrastadas por tração junto ao fundo dos canais ou das canalizações.

No regime laminar não se verifica o transporte de sólidos em suspensão.

A capacidade de transporte das águas em movimento varia com a sexta potência da sua velocidade.

A quantidade de material em suspensão que um curso d'água pode transportar é sempre uma função do seu grau de turbulência.

A decantação desse material é obtida pela alteração do regime dinâmico da corrente líquida.

Em canais ou tanques apropriados reduz-se a velocidade de escoamento das águas a valores que permitam a deposição das partículas o que se verifica em função das velocidades de sedimentação:

Tamanho das partículas	Form. de Allen	Valôres práticos
1,0 mm	8,5 cm/s	10,0 cm/s
0,5 mm	4,3 cm/s	5,0 cm/s
0,3 mm	2,6 cm/s	3,0 cm/s
0,2 mm	1,7 cm/s	2,0 cm/s
0,1 mm	0,9 cm/s	0,9 cm/s

(Valôres para grãos de areia de peso específico 2,65, a 15°C em água tranquila)

Nas instalações de recalque e estações de tratamento de águas residuárias considera-se desejável a remoção de partículas de tamanho igual ou superior a 0,2 mm.

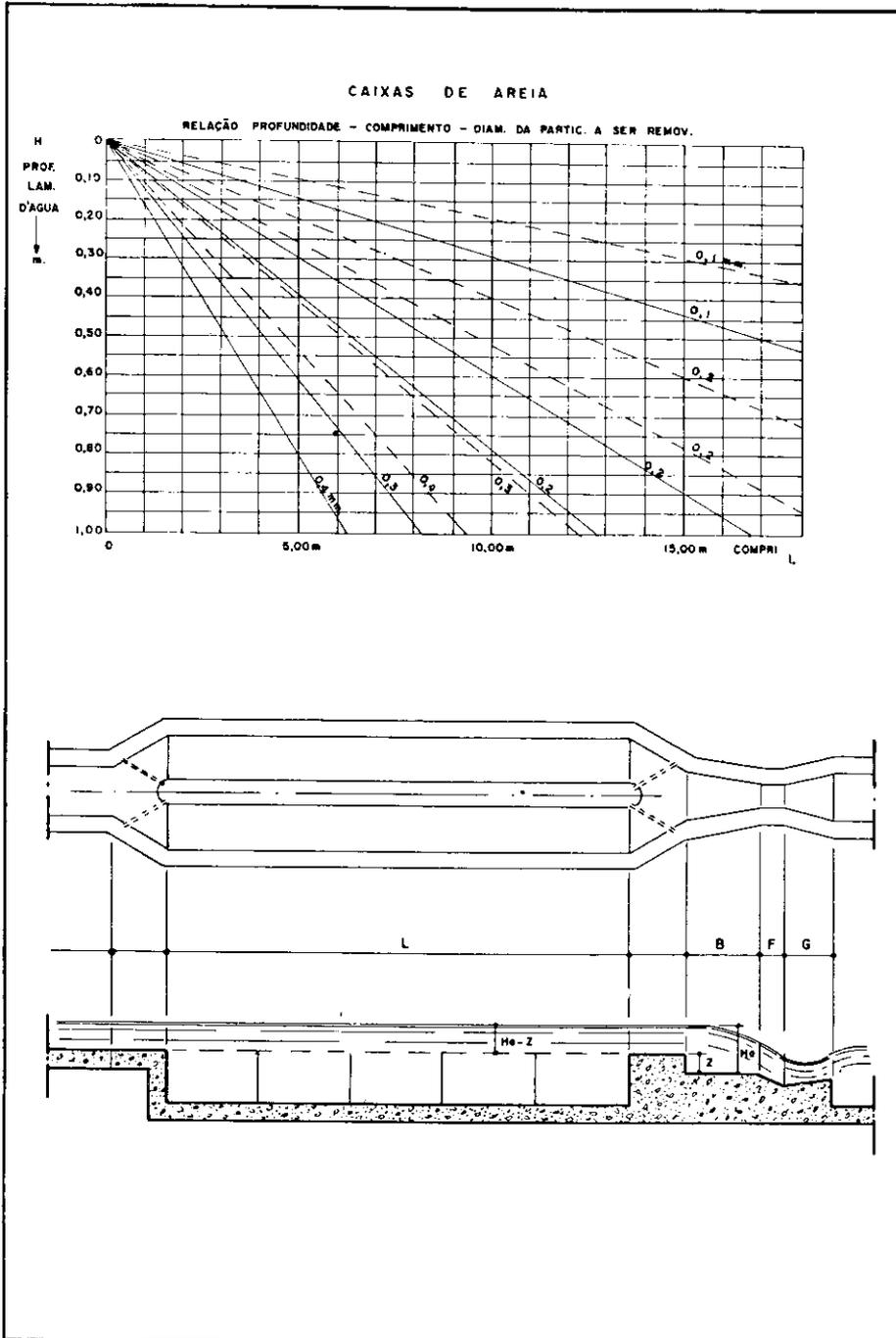
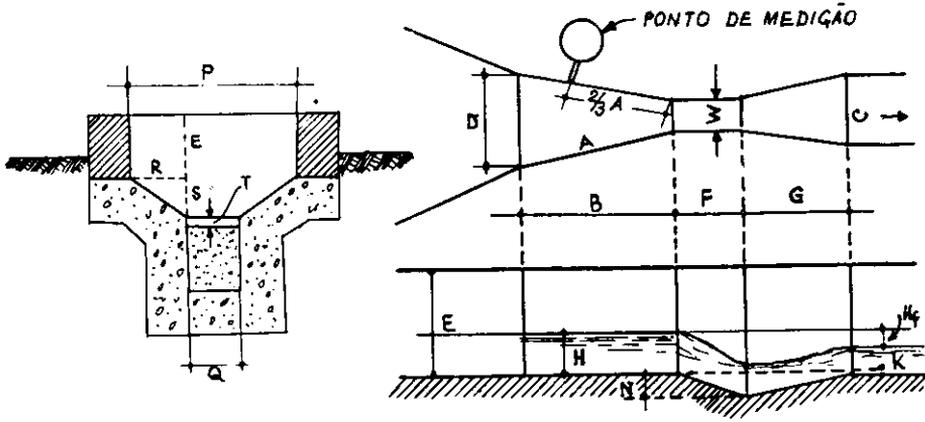


Fig. 5.01 — a) Abaco para determinação do comprimento das caixas de areia em função da profundidade e das características do material a sedimentar; b) Planta e corte de uma caixa de areia de secção retangular associada a um medidor Parshall rebaixado.



DIMENSÕES DE VERT. PARSHALL PADRÕES - CM

W POL. CM.	A	B	G	D	E	F	G	K	N	CAPAC. $\frac{1}{5}$ Qmin. Qmax.		
3	7,6	46,6	45,7	17,8	25,9	61,0	15,2	30,5	2,5	5,7	0,85	53,8
6	15,2	62,1	61,0	39,4	32,1	61,0	30,5	61,0	7,6	11,4	1,42	110,4
9	22,9	88,0	86,4	38,0	57,5	76,3	30,5	45,7	7,6	11,4	2,55	251,9
12	30,5	137,2	134,4	61,0	84,5	91,5	61,0	91,5	7,6	22,9	3,11	455,6
18	45,7	144,9	142,0	76,2	102,6	91,5	61,0	91,5	7,6	22,9	4,25	696,2
24	61,0	152,5	149,6	91,5	120,7	91,5	61,0	91,5	7,6	22,9	11,89	936,7

PERFIS-TIPOS DE CAIXAS DE AREIA ASSOCIADAS A VERT. PARSHALL

W POL. CM.	P	Q	R	S	T	CAPAC. Qmin.	$\frac{1}{5}$ Qmax.	UNIDADES	
3	7,6	56	14	21	33	3	0,85	36	Uma unidade
6	15,2	78	24	27	18	3	1,42	30	» »
9	22,9	164	46	59	40	3	2,55	130	» »
12	30,5	128	30	49	61	0	3,11	290	Duas unidades
18	45,7	190	49	70	61	0	4,25	435	» »
24	61,0	167	46	61	61	0	11,89	590	Três »

Fig. 5.02 — Dados para dimensionamento de caixa de areia tipo canal, com secção transversal trapezoidal, associada a medidores Parshall.

5.04 — Número de unidades e “by pass”

Geralmente são projetadas duas caixas de areia, de maneira que a retirada de uma unidade de serviço para limpeza ou reparos não impeça o trabalho da outra com sobrecarga.

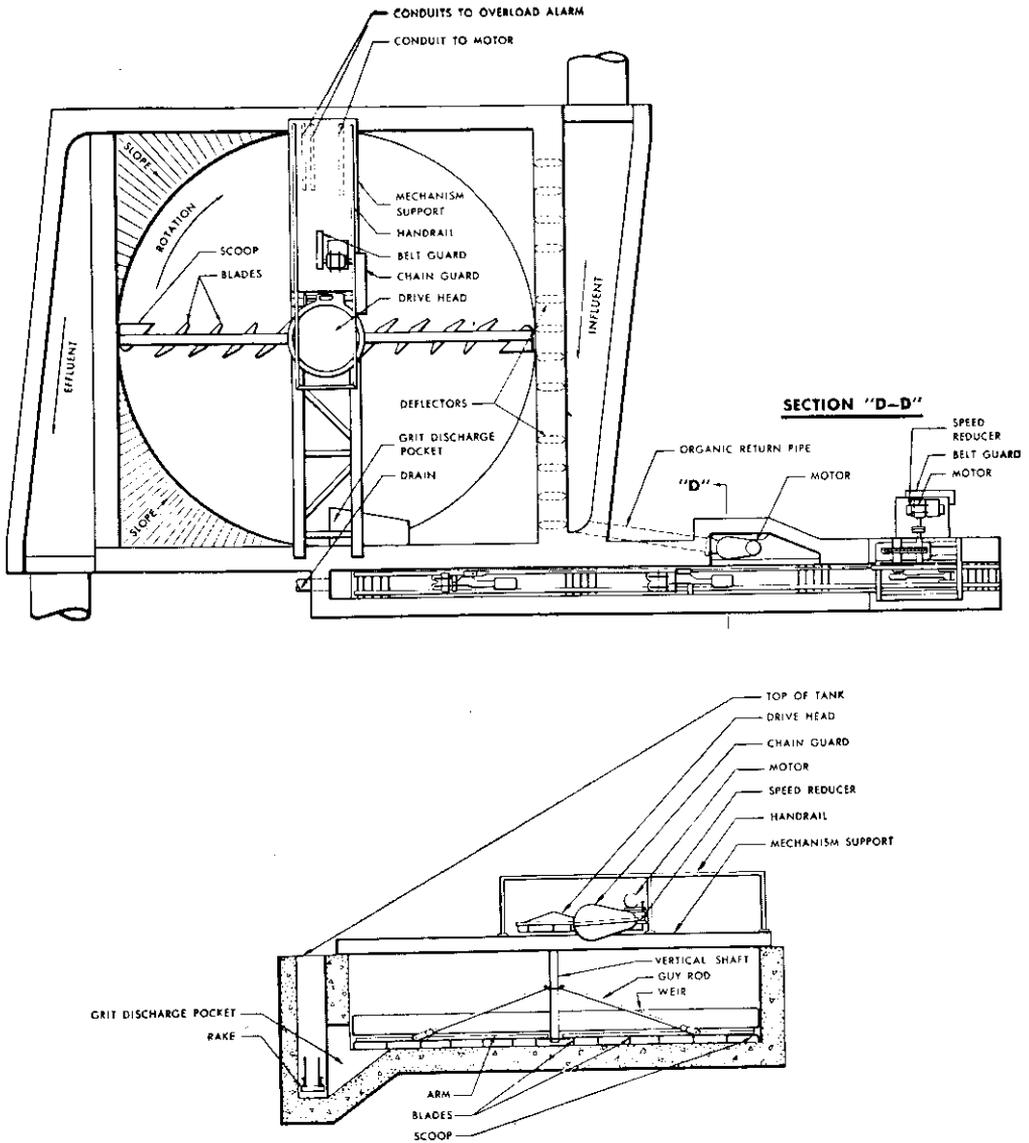


Fig. 5.04 — Caixa de Areia de Secção quadrada, da Dorr-Oliver (“Dorr Detritor”).

É desejável a construção de uma canalização paralela de emergência (“by-pass”).

Nas grandes estações de tratamento podem ser projetadas câmaras múltiplas.

Apenas nas instalações muito pequenas poder-se-ia admitir a construção de um único desarenador com “by-pass”.

5.05 — Velocidade nas caixas de areia

Nos canais de remoção de areia a velocidade recomendável é da ordem de 0,30 m/seg: Velocidades inferiores a 0,15 m/seg causam a deposição de quantidades relativamente grandes de matéria orgânica e ao revés, velocidades acima de 0,40 m/seg permitem a passagem de partículas nocivas de areia.

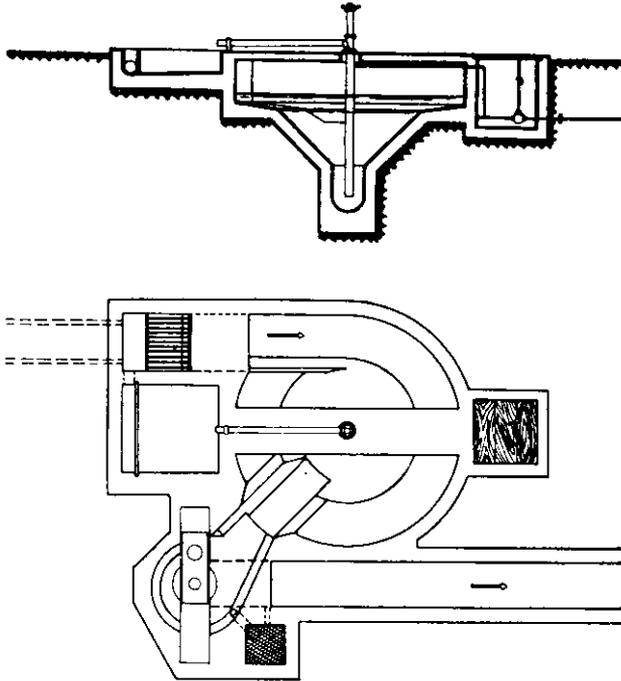


Fig. 5.05 — Caixa de areia com movimento do líquido em espiral e extração de areia por ar comprimido (Cortesia da Geiger).

Deve-se por isso procurar controlar e procurar manter a velocidade de escoamento em torno de 0,30 m/seg, com tolerâncias de $\pm 20\%$.

A vazão numa estação de tratamento varia continuamente, podendo alterar-se, em consequência, a altura da lâmina d'água.

Para se manter a velocidade dentro dos limites desejáveis projeta-se a caixa de areia com secção adequada e instala-se a jusante um dispositivo controlador, isto é, um vertedor adequado.

5.06 — Área das caixas de areia

Destinando-se à decantação de partículas granulares discretas, as caixas de areia podem ser dimensionadas pela teoria de Hazen (teoria da sedimentação):

$$\frac{t}{t_0} = \frac{A \cdot v}{Q}$$

$$\frac{Q}{A} = \frac{v}{t/t_0}$$

Como a experiência indica que as partículas de areia nocivas são as de tamanho igual ou superior a 0,2 mm, cujo p. específico é 2,65 e velocidade de sedimentação 2,0 cm/seg. têm-se:

$$\frac{t}{t_0} = 1,5 \text{ — valor para um bom decantador, com 75\% de remoção}$$

$$\frac{t}{t_0} = 3,0 \text{ — valor para um decantador pobre, com turbulência, com 75\% de remoção}$$

$$\frac{Q}{A} = \frac{2,0}{1,5} = 1,33 \text{ cm/seg ou } 0,0133 \text{ m/seg ou } 1150 \text{ m}^3/\text{m}^2\text{-dia}$$

$$\frac{Q}{A} = \frac{2,0}{3,0} = 0,67 \text{ cm/seg ou } 0,0067 \text{ m/seg ou } 580 \text{ m}^3/\text{m}^2\text{-dia}$$

Esses valores permitem determinar a área necessária para as caixas de areia. Na prática geralmente se adotam valores compreendidos entre 700 e 1600 m³/m²-dia.

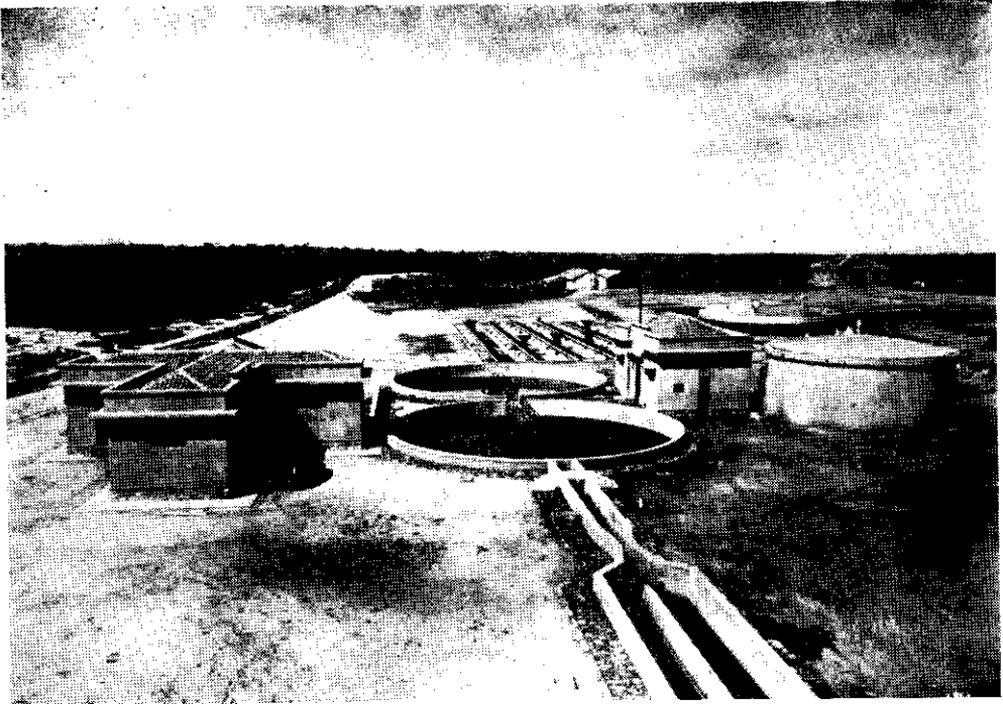


Fig. 5.06 — Estação de Tratamento de Águas Residuárias de Campina Grande (Paraíba). Em primeiro plano encontram-se as caixas de areia do tipo canal.

5.07 — Profundidade da lâmina d'água

Nas caixas de areia do tipo canal a profundidade da água para as vazões mínima, média e máxima é determinada partindo-se das condições de funcionamento do controlador de velocidade (vertedor de saída).

Cada tipo de vertedor tem a sua equação de descarga que relaciona a altura d'água à vazão.

5.08 — Comprimento das caixas de areia

Partindo-se dos valores anteriores (taxas de escoamento superficial) pode-se calcular o comprimento necessário para os canais de remoção de areia:

$$\frac{Q}{A} = \frac{S.V}{A} = \frac{b.H.V}{A}$$

$$\frac{Q}{A} = \frac{V.b.H}{b.L} = \frac{V.H}{L}$$

$$L = \frac{V.H}{Q/A}$$

Para $Q/A = 0,0133 \text{ m}^3/\text{seg}$ (1150 $\text{m}^3/\text{m}^2\text{-dia}$) e $V = 0,30 \text{ m}/\text{seg}$:

$$L = \frac{0,30 \cdot H}{0,0133}$$

$$L = 22,5 \times H$$

A mesma relação poderia ser obtida como segue:

$$L = \frac{V}{v} \cdot H.$$

em que $L =$ Comprimento da caixa

$V =$ velocidade de escoamento na caixa

$v =$ velocidade de sedimentação da partícula

$H =$ profundidade, altura da lâmina d'água.

Para $V = 0,30 \text{ m}/\text{seg}$

$v = 0,02 \text{ m}/\text{seg}$

$$L = \frac{0,30}{0,02} \cdot H = 15 \times H$$

Admitindo-se um acréscimo de 50% para compensar efeitos de turbulência,

$$L = 22,5 \times H$$

Como regra prática adota-se:

$$L = 25 \times H.$$

O ábaco anexo dá os comprimentos mínimos para as caixas de areia do tipo canal (linhas cheias), assim como os comprimentos desejáveis, com 50% de folga (linhas pontilhadas), em função do tamanho das partículas a serem removidas e da profundidade da lâmina de água.

É erro calcular-se o comprimento de uma caixa de areia em função do período de detenção arbitrário.

5.09 — Largura das caixas de areia

Conhecida a profundidade determina-se a largura dos canais de modo que seja mantida a velocidade desejável de $0,30 \text{ m}/\text{seg}$.

Se a secção de escoamento fôr retangular

$$Q = S.V = b.H.V$$

$$b = \frac{Q}{H.V}$$

Freqüentemente são projetadas caixas de areia com secção trapezoidal e neste caso as dimensões são estabelecidas em função da velocidade de escoamento.

5.10 — Regularização da velocidade nos canais e medida da vazão

A vazão dos esgotos varia continuamente, podendo variar, em consequência, a altura da lâmina d'água nos canais.

Para se manter a velocidade constante ou praticamente constante nas caixas de areia é indispensável projetar-se a secção de escoamento de acôrdo com as características do dispositivo controlador de jusante.

Geralmente se adota para regularização da velocidade um vertedor especial (Parshall ou Sutro, por exemplo) e partindo-se das condições dêsse vertedor, isto é, da sua lei de variação da altura da lâmina d'água com a vazão, estabelece-se a forma da secção de escoamento que o canal de remoção de areia deverá ter, para que seja mantida a velocidade desejável.

São comuns as seguintes modalidades de conjugação:

Dispositivo regulador	Variação de Q com H	Forma ideal para a caixa de areia (veloc. constante)	Secção prática
Vertedor proporcional (Sutro)	$Q = k H$	Retangular	Retangular
Vertedor Parshall	$Q = k H^{1.58}$	Curva	Trapezoidal*
Vertedor Retangular	$Q = k H^{3.2}$	Parabólica	Trapezoidal

* Mediante um artifício pode-se adotar uma secção retangular com pequena variação da velocidade.

Os vertedores de jusante das caixas de areia além de propiciar as condições para a regularização da velocidade de escoamento também servem como mediadores de vazão.

5.11 — Vertedores

O vertedor Sutro é um vertedor do tipo proporcional, isto é, para o qual a vazão varia diretamente com H (primeira potência), o que permite adotar-se uma secção retangular para a caixa de areia (com a secção retangular a área também varia como a primeira potência de H).

O desenho anexo mostra a forma do vertedor Sutro e indica a sua fórmula de vazão.

Esse vertedor é executado em chapa metálica instalada em posição vertical.

A jusante do vertedor devem ser mantidas condições para o escoamento livre.

Uma forma aproximada de vertedor proporcional foi concebida por Di Ricco para facilitar a execução. (V. por exemplo Manual de Hidráulica, Vol. I, pág. 121). (*)

As dimensões padronizadas do conhecido medidor Parshall encontram-se em fôlha anexa.

Para esse tipo de vertedor podem ser adotadas secções trapezoidais típicas ("perfis-tipos") para os canais de remoção de areia (V. Clichê).

Com um artifício de cálculo pode-se também associar uma caixa de areia de secção retangular a um medidor Parshall: Adota-se um medidor de garganta relativamente estreita, a ser instalado com um rebaixo em relação à soleira do canal de remoção de areia e procede-se do seguinte modo:

a) Calcula-se H_{\min} e H_{\max} alturas d'água do Parshall correspondentes a Q_{\min} e Q_{\max} .

(*) Obra do Autor.

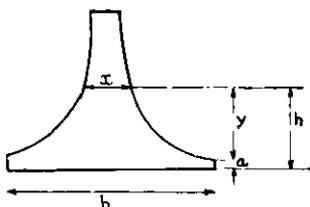
VERTEDOR SUTRO

Fórmula de Vazão:

$$Q = 2,74 a^{1/2} b (h - \frac{a}{3})$$

com Q em m³/seg

a, b e h em m



Fórmula do vertedor:

$$\frac{x}{b} = 1 - \frac{2}{\pi} \arccos \sqrt{\frac{y}{a}}$$

y/a	x/b	y/a	x/b	y/a	x/b
0,1	0,805	1,0	0,500	10,0	0,195
0,2	0,732	2,0	0,392	12,0	0,179
0,3	0,681	3,0	0,333	14,0	0,166
0,4	0,641	4,0	0,295	16,0	0,156
0,5	0,608	5,0	0,268	18,0	0,147
0,6	0,580	6,0	0,247	20,0	0,140
0,7	0,556	7,0	0,230	25,0	0,126
0,8	0,536	8,0	0,216	30,0	0,115
0,9	0,517	9,0	0,205		

b) Determina-se o rebaixamento "Z" a ser dado ao medidor Parshall:

$$\frac{Q_{\min}}{Q_{\max}} = \frac{H_{\min} - Z}{H_{\max} - Z} \quad \dots \quad Z$$

c) Obtém-se a largura da caixa de areia:

$$b = \frac{Q_{\max}}{(H_{\max} - Z) \times V} \quad (V = 0,30 \text{ m/seg})$$

d) Calculam-se os elementos hidráulicos para diversos valores de Q, desde Q_{min} até Q_{max} para evidenciar a variação efetiva da velocidade:

Q	H	H-Z	S = (H ₁ - Z)b	V = Q/S
Q _{min}				
Q ₂				
.....				
Q _n				
Q _{max}				

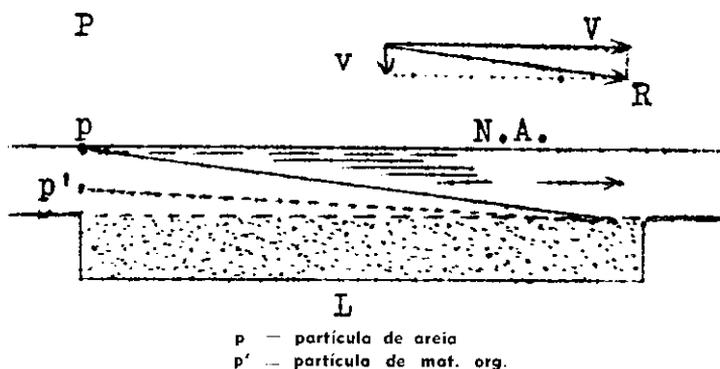
É evidente que a conjugação de um vertedor Parshall com uma caixa de areia de secção retangular não assegura velocidade constante. Pode-se entre-

tanto, estabelecer dimensões que correspondam a uma variação aceitável da velocidade de escoamento.

Uma vantagem do Parshall sobre o vertedor proporcional é a sua perda de carga relativamente pequena (o vertedor Sutro exige queda livre a jusante).

5.12 — Presença de matéria orgânica

Como a deposição das partículas minerais pesadas é feita em função da velocidade de sedimentação é impossível evitar a presença de certa quantidade de matéria orgânica.



Admite-se sempre que as partículas de areia que devem ser removidas ao entrar nas caixas de areia estejam na superfície das águas, que é a condição mais desfavorável. A unidade é projetada com dimensões que correspondem ao tempo necessário para essas partículas se depositarem, mantendo-se ainda uma certa folga. Infelizmente, porém, em pontos mais baixos da lâmina líquida também são transportadas partículas de matérias orgânicas. Embora estas partículas tenham velocidades de sedimentação inferiores às de areia, por se encontrarem mais próximas do fundo elas poderão em parte depositar-se juntamente com as partículas de areia.

A sedimentação de partículas de matéria orgânica nas caixas de areia é indesejável, porém não pode ser completamente impedida.

5.13 — Quantidade de material retido

A quantidade de material removido pelas caixas de areia depende do sistema de esgotos (unitário ou separador), do tipo de área servida (industrial, residencial; pavimentada ou não) e de outros fatores.

Nos Estados Unidos as quantidades retiradas geralmente estão compreendidas entre 10 e 90 litros de material por 1000 m³ de águas residuárias. (0,00001 a 0,00009 da vazão média).

Dados de São Paulo apresentam as seguintes médias:

Jardim América	29 litros/1000 m ³
Ipiranga	15 "

Nos meses de elevada precipitação atmosférica esses valores são maiores, podendo-se admitir com segurança 30 a 40 litros por 1000 m³ de águas de esgotos (0,00003 a 0,00004 vezes a vazão média).

5.14 — Sistemas de remoção do material

Quanto ao sistema de remoção as caixas de areia classificam-se em dois tipos:

Simples ou singelas: de limpeza manual periódica

mecanizadas : com remoção mecânica do material sedimentado.

As primeiras são admitidas nas pequenas estações de tratamento onde o volume de detritos não é grande. As últimas são indispensáveis nas grandes instalações, onde se tornam mais econômicas.

A remoção manual é feita periodicamente, retirando-se o material que se acumulou no período entre limpezas do depósito inferior. Por ocasião das limpezas a matéria orgânica sedimentada pode provocar problemas de maus odores. A agitação periódica do material retido pode concorrer para que as partículas orgânicas flutuem e sejam arrastadas pela corrente líquida deixando assim areia com teor mais baixo de matéria orgânica.

Os equipamentos para caixas de areia variam consideravelmente de um tipo para outro: Há removedores de areia do tipo rotativo com pás, sistemas com correntes, parafusos helicoidais elevação por ar comprimido ("air lift") etc. As instalações mecanizadas mais completas promovem a lavagem de areia ou a sua recirculação (retorno ou refugo) sempre que os detritos coletados se apresentarem de algum modo sobrecarregados de matéria orgânica putrescível. Essas instalações deverão fornecer materiais (detritos) com taxas de matéria orgânica inferiores a 5% (geralmente 3%).

Nas caixas de areia singelas do Ipiranga (São Paulo) a quantidade de matéria orgânica encontrada nos sedimentos é da ordem de 10%, o que para o caso é razoável. Nas instalações singelas deverão haver depósitos inferiores para reter a areia. Esses depósitos poderão ser separados da secção de escoamento por pequenas peças, grades ou lages removíveis.

5.15 — Destino a ser dado aos detritos

Quando houver grande quantidade de matéria orgânica, capaz de causar mau cheiro, o material retido deve ser enterrado.

A areia com baixa porcentagem de matéria orgânica pode ser aproveitada para aterros, caminhos, leitos de secagem de lódos etc.

5.16 — Detalhes construtivos

As secções de concordância gradual na entrada e saída deverão ser projetadas para reduzir a turbulência.

As dimensões da parte destinada ao depósito da areia nas instalações não mecanizadas devem ser estabelecidas de acordo com a quantidade prevista de material e tendo em consideração a frequência que se deseja dar à limpeza (limpezas semanais, quinzenais ou mensais).

Para impedir que o espaço destinado a depósito sirva para a corrente líquida (aumentando a secção de escoamento e reduzindo a velocidade desejável) deve-se projetar grelhas, lajotas ou peças separadoras horizontais ou ainda cortinas transversais até a altura do depósito de areia.

Um tipo usual de grelha foi concebido por Dufour (V. Chiclé)

5.17 — Caixas de areia mecanizadas

As caixas de areia do tipo canal podem ser dotadas de equipamentos para extração da areia. Os mecanismos acionados por correntes submersas apresentam sérios problemas de manutenção.

As caixas de areia de secção quadrada da companhia Dorr-Oliver ("Detritator") são equipadas com removedores rotativos e são projetadas em função da vazão por unidade de superfície nas seguintes bases:

Tamanho das partículas	Peneiras ou telas	Velocidades de sedimentação	Taxa de escoam. a adotar
0,15 mm	100	1,2 cm/seg	1000 m ³ /m ² . dia
0,21	65	1,9	1600
0,30	48	2,8	2400

As caixas de areia tipo Vortex, da Infilco são providas de agitadores mecânicos que alteram as condições em que as partículas se mantêm em suspensão, mediante a criação de um vórtice. O projeto é feito para taxas de aplicação em torno de 500 m³/m². dia.

5.18 — Caixas de areia com movimento em espiral

As caixas de areia do tipo Geiger são construídas com a forma cônica, com entrada tangencial, de modo a estabelecer um movimento em espiral, sem necessidade de equipamento.

A variação de nível deve ser cuidadosamente estudada para que sejam mantidas as condições ideais de deposição da areia em função da velocidade.

A areia é retirada pelo sistema de elevação por ar comprimido ("air lift").

A taxa de escoamento em relação à superfície varia em torno de 900 m³/m². dia para a vazão média.

(continua no próximo número)

* * *

Obs. Nos números anteriores publicamos os seguintes capítulos:

- I Generalidades. Composição. Centralização das águas residuárias: variações de vazão (n.º 46).
- II Consequências do lançamento das águas residuárias nas águas interiores e litorâneas (n.º 47).
- III Métodos gerais de tratamento. Classificação (n.º 48).