

CVSprod

SECRETARIA DE ESTADO DA SAÚDE



CVSprod



970

CENTRO DE VIGILÂNCIA SANITÁRIA

SAMA-DIVISÃO TÉCNICA DE VIGILÂNCIA SANITÁRIA
DE AÇÕES SOBRE O MEIO AMBIENTE

ÁGUAS RESIDUÁRIAS

VOLUME - I

INDEXADO
CVS
DIACERVO
D. 484

1988
628.3
F827a
ex.01

DOCUMENTAÇÃO E INFORMAÇÃO

Centro de Vigilância Sanitária

19/03/84

SÃO PAULO

1988



6283
F827A

INDEXADO
BOIACERVO
ID:.....

Eng.^a DENISE M.E. FORMAGGIA
Grupo Técnico de Saneamento da
Divisão de Ações sobre o Meio Ambiente do
Centro de Vigilância Sanitária

SÃO PAULO
1988

PREFÁCIO

O Centro de Vigilância Sanitária da Secretaria de Estado da Saúde, constitui-se em Centro de referência técnico-normativa a todos os Escritórios Regionais de Saúde do Estado de São Paulo, no que se refere às ações de Vigilância Sanitária, seja na área de meio ambiente, produtos relacionados à Saúde e serviços de Saúde.

A Divisão de Ações sobre o Meio Ambiente - SAMA, frente a necessidade de repassar orientação técnica aos profissionais que atuam em Vigilância Sanitária, notadamente no campo do saneamento, seguindo orientação de trabalho do CVS vem a promover através de seu Grupo Técnico de Saneamento, a implementação de uma metodologia de treinamento não convencional, baseada em práticas participativas e de discussão em grupo.

Para tanto, o GT de Saneamento elaborou uma série de apostilas que tratam de temas específicos da área do Saneamento e que tem por finalidade fornecer os subsídios mínimos necessários para as discussões em grupo durante os treinamentos.

Esta publicação constitui-se no volume 1, pois o conteúdo técnico nele existente destina-se a fornecer noções gerais sobre o tema em questão, não entrando em maiores detalhes e especificidades. O GT de Saneamento/SAMA pretende após a edição desta primeira coletânea de apostilas, partir para a elaboração de novas publicações onde cada tema será abordado com maior profundidade.

Eng^o DENISE M.E. FORMAGGIA
Diretora do GT de Saneamento
SAMA/CVS

Eng^o ROGÉRIO ARAÚJO CHRISTENSEN
Diretor da Divisão Técnica de
Ações sobre o Meio Ambiente -
SAMA/CVS

ÍNDICE

	pág.
1. INTRODUÇÃO.....	01
2. EFLUENTES DE ESGOTOS.....	03
3. SISTEMAS DE COLETA E TRATAMENTO.....	06
3.1 Sistemas Individuais.....	05
3.2 Sistemas Coletivos.....	07
4. SISTEMAS INDIVIDUAIS PARA AFASTAMENTO E TRATAMENTO DOS ESGOTOS DOMÉSTICOS.....	09
4.1 Sistema Estático ou sem Transporte Hídrico....	09
4.2 Sistema Dinâmico ou com Transporte Hídrico....	18
5. SISTEMAS COLETIVOS DE COLETA E TRATAMENTO DE ESGO <u>TOS</u> DOMÉSTICOS.....	40
5.1 Tratamento de Esgotos.....	40
6. BIBLIOGRAFIA.....	48

ANEXOS

TABELA I - Tempo de sobrevivência de patógenos excretados no solo a 20-30°C.

PATOGÊNICOS	TEMPO DE SOBREVIVÊNCIA (dias)
VIRUS . Enterovirus*	<100, mas geralmente <20
BACTÉRIAS . Coliformes fecais . Salmonella spp . Vibrio Colerae	<70, mas geralmente <20 <70, mas geralmente <20 <20, mas geralmente <10
PROTOZOÁRIOS . Cistos de Entamoeba Histolytica	<20, mas geralmente <10
HELMINTOS . Ovos de Ascaris Lumbricoides	muitos meses

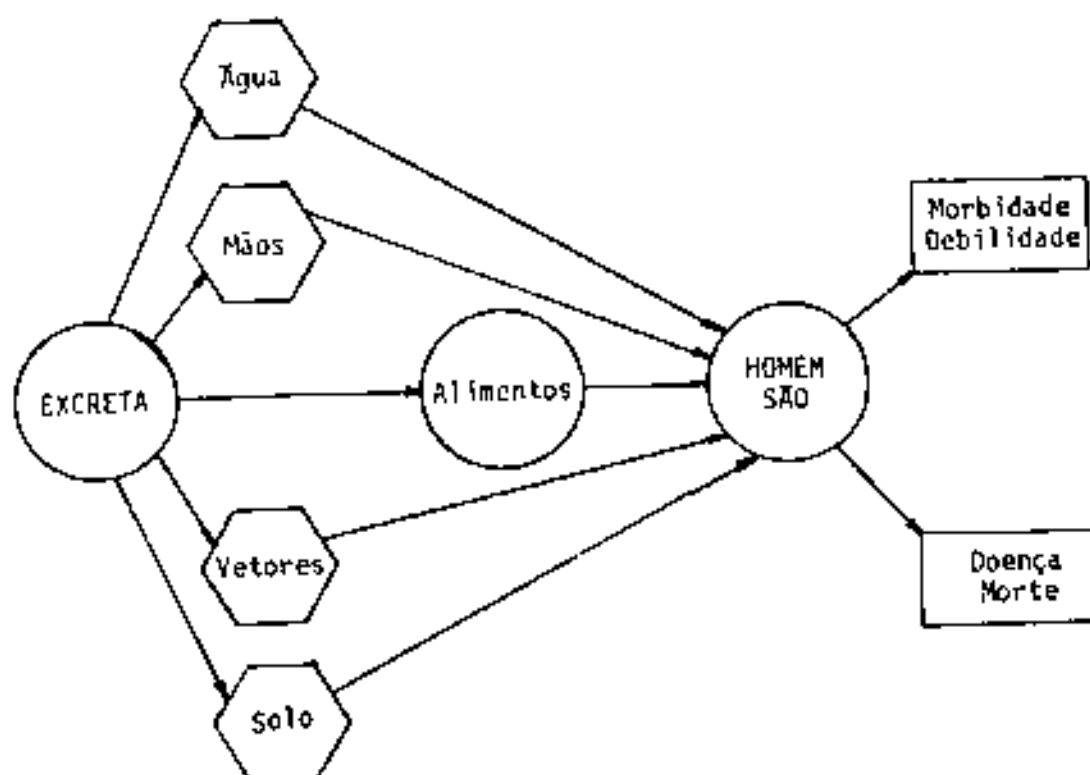
*Incluindo: polio, echo e coxsackievirose.

FONTE: FEACHEN RG et al. Sanitation and Disease, 1980.

Entre as doenças relacionadas com os dejetos, citam-se entre as principais: Ancilostomíase, Esquitossomose, Febre Tifóide e Paratifóide, Amebíase e Diarréias Infeciosas. As Helmintoses, embora em sua grande maioria não tenham alto índice de mortalidade, apresentam alta incidência e desgastam o homem, diminuindo sua capacidade de trabalho.

A transmissão é feita por meio da cadeia esquematizada a seguir:

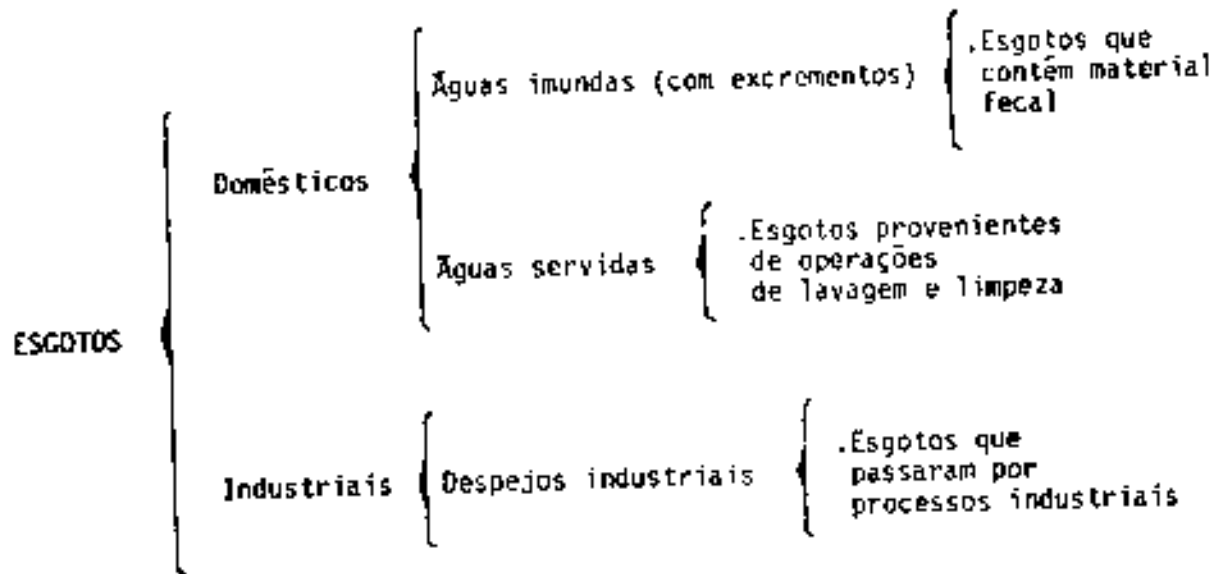
FIGURA 1 - Meio de Transmissão de Doenças pelos Dejetos.



2. EFLUENTES DE ESGOTOS

Os esgotos ou águas residuárias são os despejos líquidos de casas, edifícios, estabelecimentos comerciais, instituições e indústrias. Podemos classificá-los conforme o tipo de efluente.

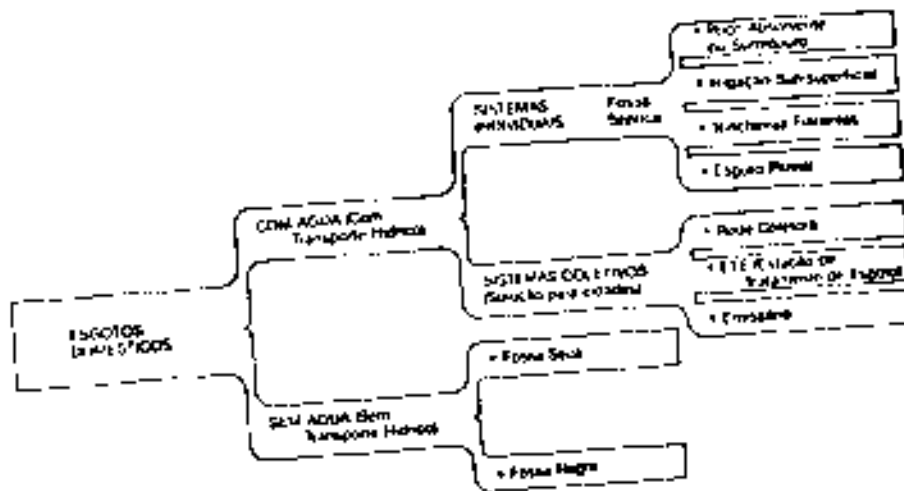
FIGURA 2 - Efluentes de Esgotos



Os tipos de instalações que compõem um sistema de esgotos (tubulações, caixas, aparelhos sanitários, fossas, estações de tratamento), são definidos em função de fatores locais, isto é, tipo de solo, quantidade de líquido escoado, número de pessoas, custos, tipo de efluentes e outros:

O esquema a seguir resume de forma simples e clara as possibilidades existentes quanto ao caminhamento dos esgotos domésticos.

FIGURA 3



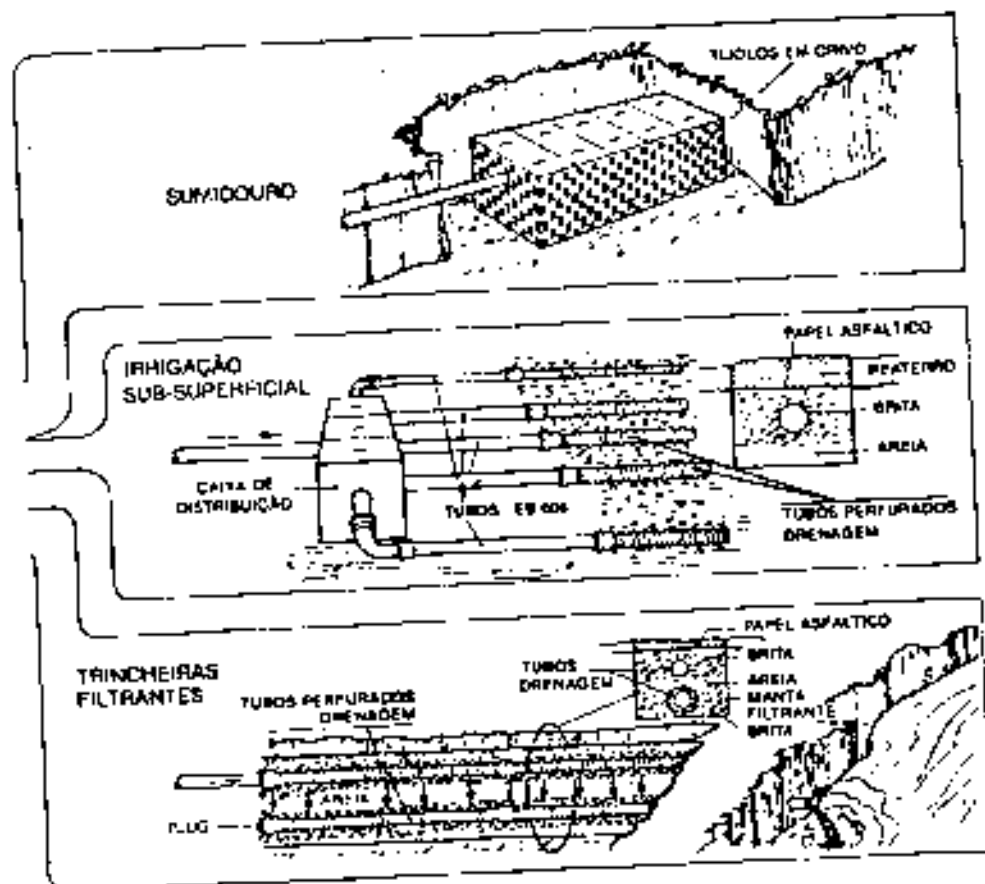
3. SISTEMAS DE COLETA E TRATAMENTO

3.1 Sistemas Individuais

O Sistema individual é aquele onde cada um dos prédios ou casas das cidades ou vilas possuem os seus próprios sistemas de coleta, afastamento e tratamento de esgotos domésticos. Assim, os esgotos são encaminhados a uma fossa séptica, que tem por finalidade efetuar a transformação das fezes em lodo, que se deposita no fundo da fossa e em gases, os quais são expelidos para a atmosfera pelas tubulações de ventilação. Em outra etapa, o efluente líquido que sai da fossa séptica é levado por uma tubulação ao seu destino final, onde:

- 19) É absorvida pelo terreno por um sumidouro ou poço ab
sorvente ou, ainda, por um sistema de irrigação sub-su-
perficial, ou então;
- 20) Passa por um sistema de filtros (trincheiras filtrantes)
- - - - - e surge na superfície do solo ou a um cur-
so d'água.

FIGURA 4



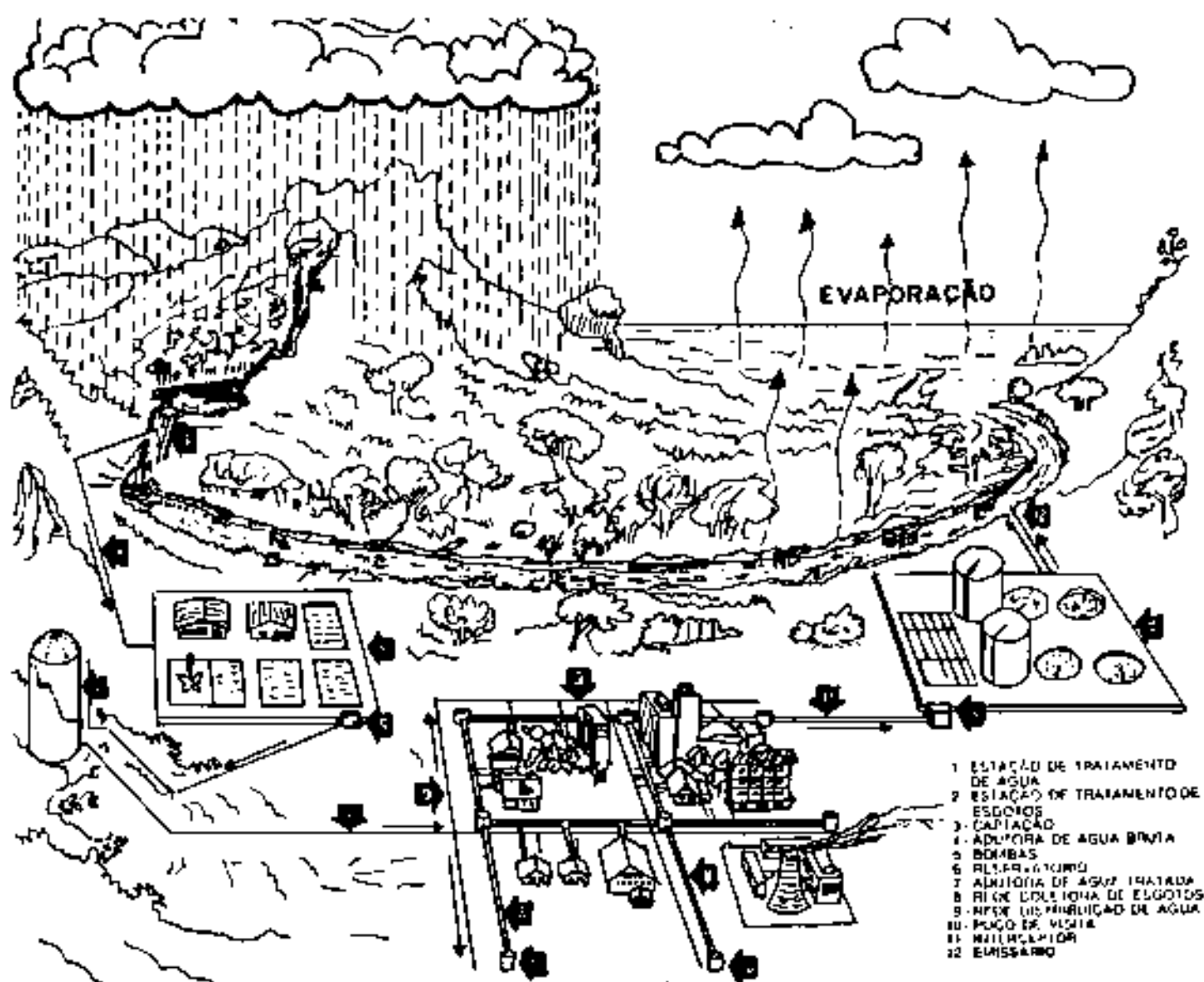
3.2 Sistemas Coletivos

A outra solução adotada para coleta, afastamento e tratamento dos esgotos com transporte hídrico é o sistema coletivo. Neste sistema, os esgotos ou águas residuárias domésticas são encaminhadas pelo coletor predial até uma rede coletora denominada de coletor público. Essas redes coletoras convergem por meio de interceptores até uma Estação de Tratamento de Esgotos - E.T.E.

Basicamente uma E.T.E. convencional, tem a finalidade de promover o tratamento dos esgotos domésticos, tornando o efluente em condições de serem lançados em cursos de água.

Em linhas gerais, todo o sistema de abastecimento público de água e a coleta, e tratamento de esgotos de uma comunidade pode ser facilmente visualizada da seguinte forma:

FIGURA 5 - Como Funciona uma Ete?



4. SISTEMAS INDIVIDUAIS PARA AFASTAMENTO E TRATAMENTO DOS ESGOTOS DOMESTICOS

4.1 Sistema Estático ou Sem Transporte Hídrico

a) Privada com fossa seca ou privada higiênica

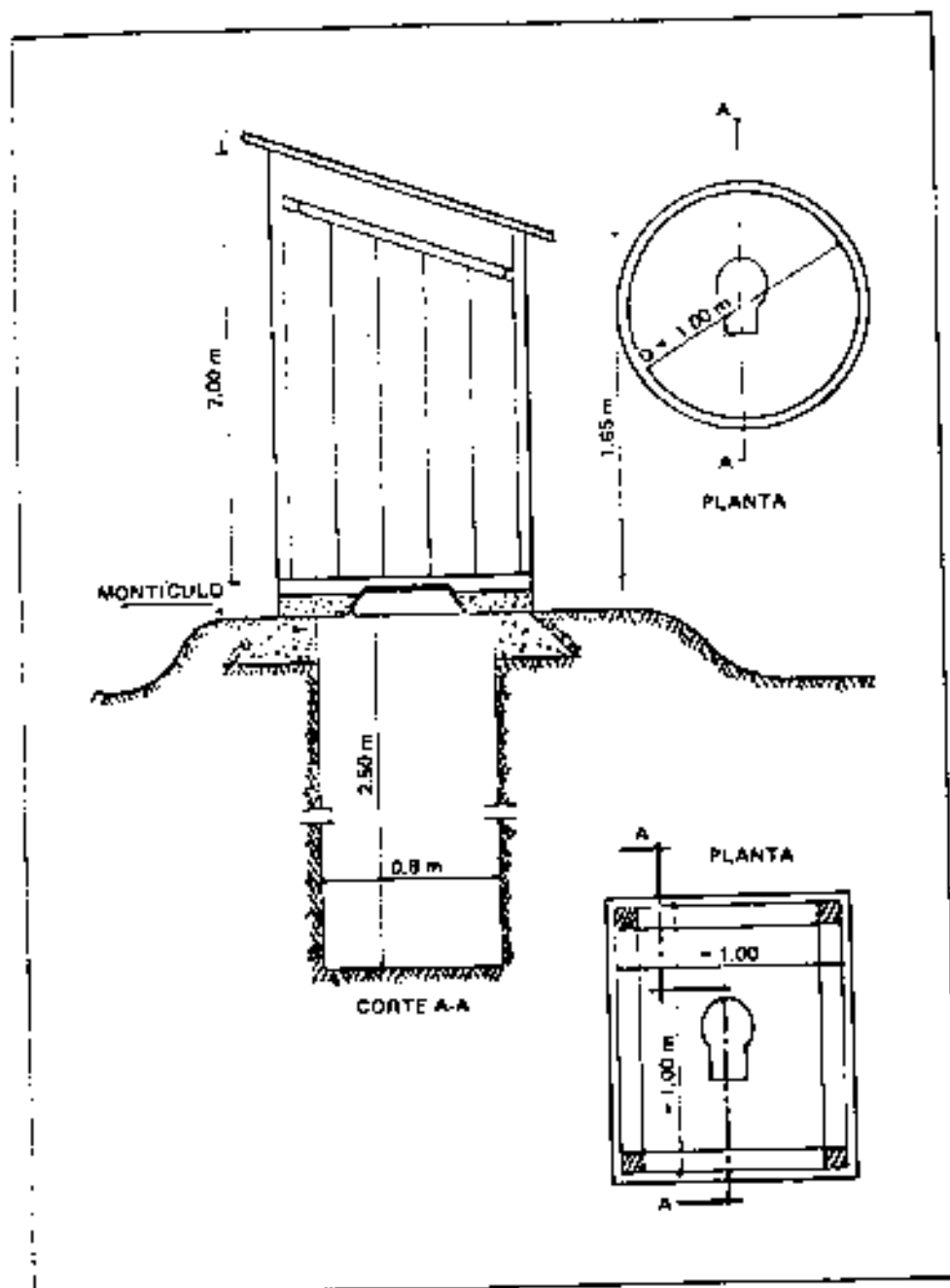
a₁) Aspectos Construtivos

Consiste em uma escavação aberta no solo, devidamente protegida, com dimensões variáveis. Geralmente tem forma cilíndrica com 0,90m de diâmetro em média, ou seção quadrada com 0,90m de lado.

A profundidade varia com as características do solo, o nível do lençol freático, etc, recomendando-se valores em torno de 2,50m. A sua profundidade deve ser tal que o fundo esteja a uma distância mínima de 1,50m acima do lençol freático (quando esta distância mínima não é obedecida, a fossa seca passa a denominar-se - fossa negra, o que é considerada totalmente condenada do ponto de vista sanitário devido à contaminação do lençol freático).

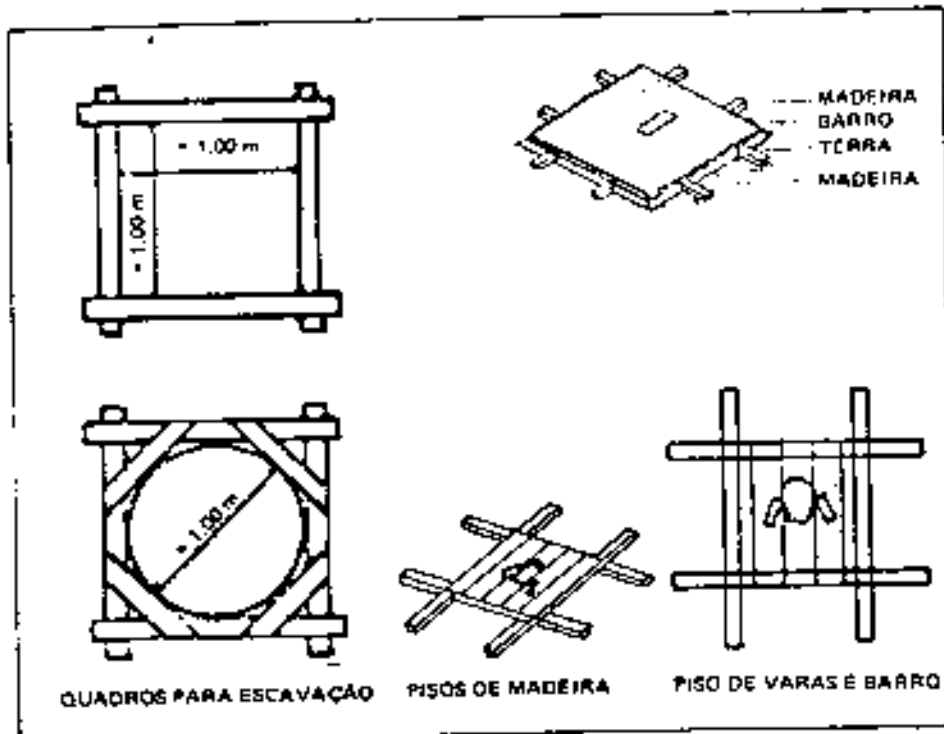
A seguir apresentamos alguns detalhes construtivos da fossa seca:

FIGURA 6 - Privada com Fossa Seca ou Higiênica.



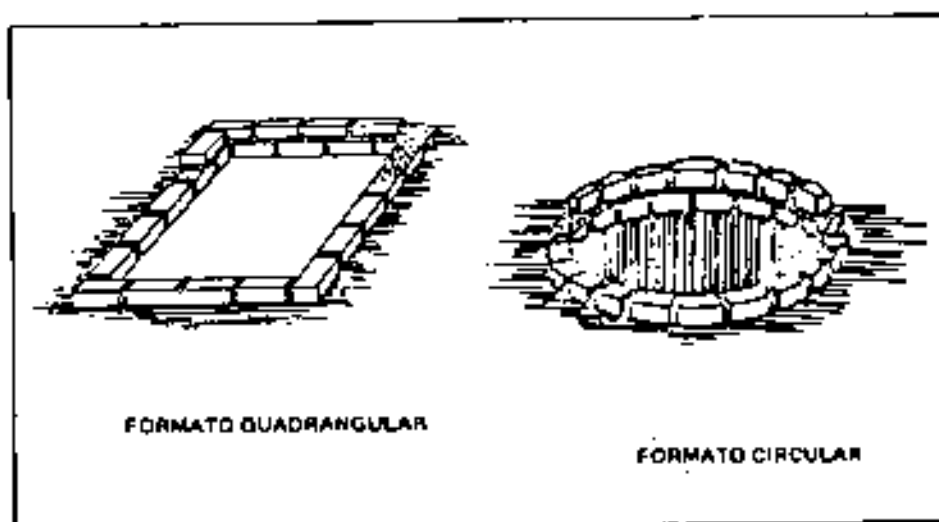
FONTE: FUNDACENTRO. Saneamento do Meio, São Paulo, 1985.

FIGURA 7 - Detalhes Construtivos



FONTE: FUNDACENTRO. Saneamento do Meio, S.Paulo, 1985.

FIGURA 8 - Bases de Tijolos



FONTE: FUNDACENTRO. Saneamento do Meio, S.Paulo, 1985.

a₂) Aspectos Sanitários

Se a fossa for seca, as águas de lavagem do piso não devem ser recolhidas a ela, assim como também águas de chuva devem ser desviadas. Somente deverão ser lançados os dejetos e o papel higiênico.

No caso de formação de mau cheiro não devem ser utilizados desinfetantes fortes no buraco, recomendando-se o emprego de pequenas porções de sais alcalinizantes, sendo o mais comum o uso de cal ou cinza. Justifica-se essa medida pelo seguinte: no início da digestão dos dejetos, há a tendência para o desenvolvimento de bactérias próprias do meio ácido, responsáveis pela produção de compostos mal cheirosos como o ácido sulfídrico, mercaptanas, escatol, ácido caprílico, butirco e outros; entretanto, ao se elevar o pH do meio com o uso de cal ou cinza, haverá o desenvolvimento de bactérias responsáveis pela produção de gases inodoros, como o metano e o gás carbônico.

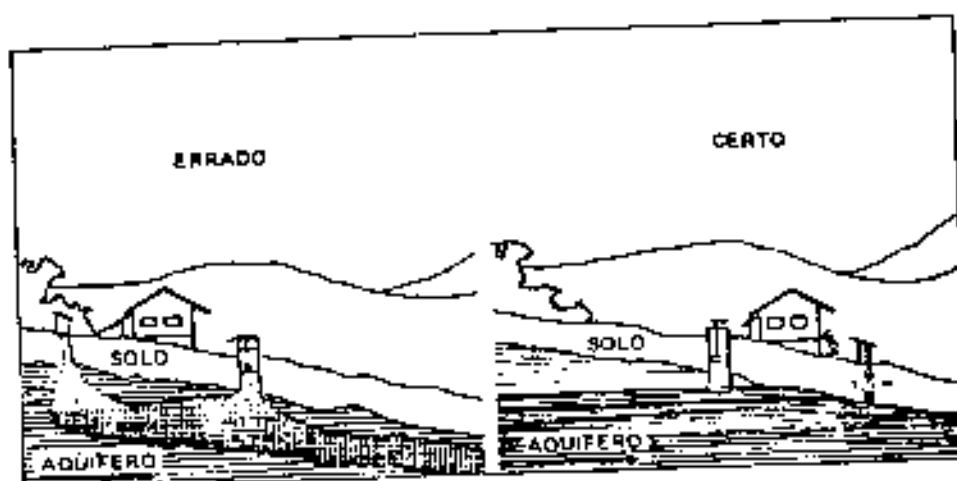
É conveniente que o recinto seja mantido em penumbra para evitar a entrada de moscas, deixando-se a porta sempre fechada. A ventilação poderá ser feita através de aberturas junto ao forro.

As imediações da fossa, numa área de 2,00m de raio, deverão ser livres de vegetação e lixo, bem como o local onde for construído deve ser seco e livre de enchentes.

A abertura do piso deverá permanecer fechada quando não estiver em uso, para evitar a proliferação de moscas e mosquitos. Podem ser utilizadas tampas de madeira ou placa de cimento.

A distância mínima entre este tipo de solo. Como segurança, pode-se adotar uma distância mínima de 15m entre a fossa e o poço, estando este último localizado em cota superior à fossa.

FIGURA 9 - Localização da Fossa Seca (em corte).



FONTE: FUNDACENTRO. Saneamento do Meio, S. Paulo, 1985.

b) Privada com Fossa Tubular

É uma variante da fossa seca; apenas o buraco é menor, com cerca de 0,40m de diâmetro.

Vantagens: - Solução barata
- Fácil construção

- .Desvantagens: -necessita de equipamentos para a construção
- parte superior revestida, pois por ser de pequena dimensão, facilmente se suja a parte superior e, como consequência proliferam as moscas, além de desmoronar facilmente.
- É utilizada geralmente em canteiros de obras.

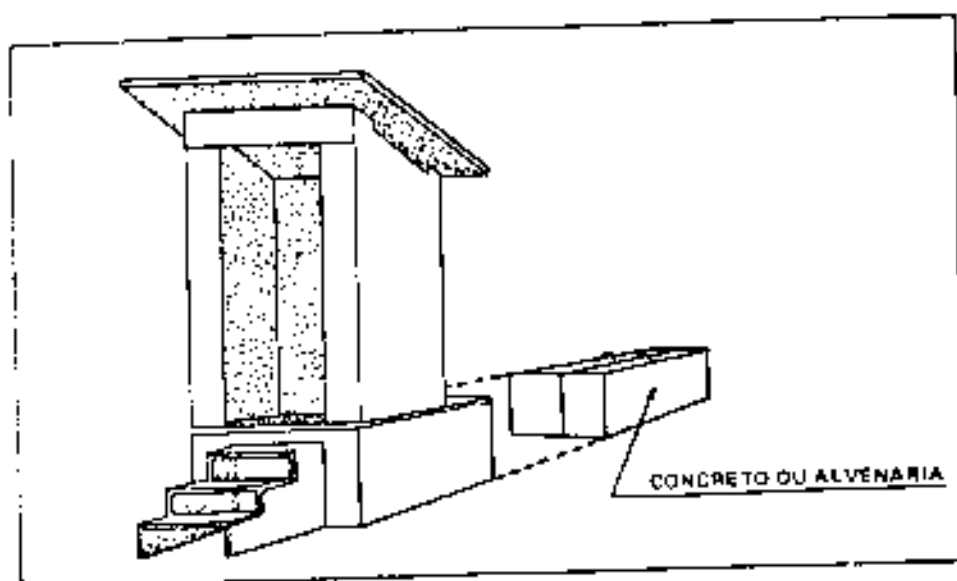
c) Privada com Fossa Estanque

.Constituída de tanque de concreto ou alvenaria, destinado a receber os dejetos em condições idênticas à privada higiênica, ou seja, funcionando sem uso de água, com capacidade em torno de 1000 litros; o tanque deve ser totalmente impermeabilizado.

.Esse tipo de solução é adotado em zonas de lençol freático muito superficial, em zonas rochosas ou de terrenos muito duros, em terrenos desmoronáveis e em lotes pequenos onde haja perigo de contaminação de fontes de suprimento de água.

.Quando estiver cheio o tanque, este deverá ser esvaziado através de uma tampa existente atrás da casinha, e o material retirado deverá ser imediatamente enterrado, não se prestando para adubo. Uma família de 5 pessoas enche um tanque de 1000 litros em um período de 1 ano.

FIGURA 10 - Privada com Fossa Estanque



FONTE: FUNDACENTRO. Saneamento do Meio, S.Paulo, 1985.

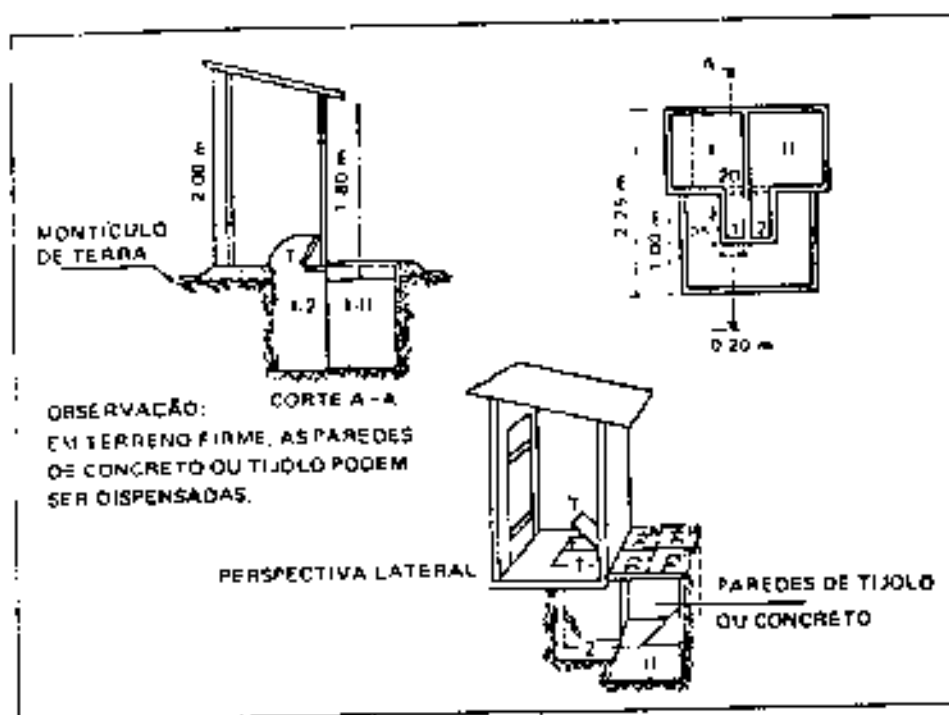
d) Privada com Fossa de Fermentação

d₁) Aspectos Construtivos

É constituída de duas câmaras adjacentes e independentes, destinadas a receber os dejetos em idênticas condições à privada higiênica.

O tipo de construção das câmaras é função de características do solo e do local da privada. É aconselhável que se proceda o revestimento em qualquer circunstância, inclusive em terrenos firmes. As câmaras tem cerca de 1m de profundidade, podendo ser enterradas, semi-enterradas ou na superfície.

FIGURA 11 - PRIVADA COM FOSSA DE FERMENTAÇÃO



FONTE: FUNDACENTRO. Saneamento do Meio, S.Paulo, 1985.

d₂) Aspectos Sanitários

A privada com fossa de fermentação pode ser utilizada em todas as situações em que se aplica a fossa seca, além de poder ser aplicada em locais de lençol de água subterrânea elevado e em terrenos rochosos de difícil escavação.

Em comparação com a fossa seca, a sua duração é maior, a escavação é mais fácil, já que as câmaras são de profundidade menor. Para uma família de 5 pessoas, cada câmara ficará cheia em aproximadamente 1 ano.

.Na época da limpeza de cada câmara, deve-se deixar peque na quantidade do material já fermentado, o que auxiliará o reinício da fermentação.

e) Privada Química

.Consiste em um tanque metálico, contendo uma solução de soda cáustica e um assento instalado diretamente sobre o tanque. O sistema exige ventilação, obtida por um tubo ventilador, que se prolonga até acima do telhado.

.Pela ação da solução desinfetante (10Kg de soda cáustica em 50 litros de água), os excretas são esterilizados e o material sólido é liquefeito.

.De tempos em tempos, o tanque é esvaziado e o seu conteúdo (líquido escuro, sem cheiro) é disposto por infiltra ção no solo ou despejado em fossa absorvente.

.É indicado em escolas rurais, habitações isoladas, colô nias de férias, etc. Este sistema é utilizado em aviões e outros meios de transporte.

.O custo inicial e a manutenção são dispendiosos, de modo que o sistema não é recomendado para uso generalizado.

4.2 Sistema Dinâmico ou com Transporte Hídrico

os critérios adotados a serem considerados são:

- .quando se dispõe de água corrente, o afastamento e disposição dos excretas pode ser feito em condições mais satisfatórias, se for aproveitada a água como veículo para o transporte dos excretas;
- .o transporte hídrico permite as instalações sanitárias dentro de casa;
- .para o sistema dinâmico ou com transporte hídrico, existem soluções individualizadas e coletivas.

4.2.1 Sistemas Individuais com Transporte Hídrico

Estes sistemas são modelos simplificados de tratamento utilizando tanques sépticos ou tanques Inhoff, podendo eventualmente sofrer um tratamento em digestor anaeróbico, e com o efluente sendo disposto em poços absorventes, valas de irrigação sub-superficial ou trincheiras filtrantes.

a) Fossas Sépticas

Fossa séptica é um dispositivo de tratamento de esgotos, destinada a receber a contribuição de um ou mais domicí

lios e com capacidade de dar aos esgotos um grau de tratamento compatível com a sua simplicidade e custo.

DEFINIÇÃO

As fossas sépticas são câmaras convenientemente construídas para deter os despejos domésticos e/ou industriais, por um período de tempo especificamente estabelecido, de modo a permitir a decantação dos sólidos e retenção do material graxo contido nos esgotos, transformando-os bioquimicamente em substâncias e compostos mais simples e estáveis.

FUNIONAMENTO

O esgoto é detido na fossa por um período racionalmente estabelecido, que pode variar de 12 a 24 horas, dependendo das contribuições afluentes.

Simultaneamente, processa-se uma sedimentação de 60 a 70% dos sólidos em suspensão contidos nos esgotos, formando-se uma substância semilíquida denominada "lodo". Parte dos sólidos não decantados, formados por óleos, graxas, gorduras e outros materiais misturados com gases, é retida na superfície livre do líquido, no interior da fossa séptica, os quais são comumente denominados de "escuma".

Tanto o lodo como a escuma são atacados por bactérias anaeróbias, provocando uma destruição total ou parcial de organismos patogênicos. Desta digestão resultam gases, líquidos e acentuada redução de volume dos sólidos retidos e di

geridos, que adquirem características estáveis capazes de permitir que o efluente líquido das fossas sépticas possa ser lançado em melhores condições de segurança do que as de esgoto bruto.

AFLUENTES DA FOSSA SEPTICA

A fossa séptica é projetada de modo a receber todos os despejos domésticos (de cozinhas, lavanderias domiciliares, lavatórios, vasos sanitários, bidês, banheiros, chuveiros, mictórios, ralos de pisos de compartimentos interiores, etc) ou ou qualquer outro despejo, cujas características se assemelham às do esgoto doméstico. Em alguns locais é obrigatória a intercalação de um dispositivo de retenção de gordura (caixa de gordura) na canalização que conduz os despejos das cozinhas para a fossa séptica.

DIMENSIONAMENTO DE FOSSAS SEPTICAS DE CÂMARA ÚNICA

(NBR 7229/B2-ABNT)

O volume útil é calculado pela fórmula:

$$V = N(CT + 100L_f) \quad \text{onde:}$$

V = volume útil, em litros

N = número de contribuintes

C = Contribuição de despejos (l/pessoa x dia)
ver Tabela II, em anexo

T = período de detenção em dias
ver Tabela III, em anexo

t_F = contribuição de todos frescos (l/pessoa x dia)
ver Tabela II, em anexo.

O volume mínimo admissível é de 1250 litros

Para as fossas sépticas de forma cilíndrica são observados:

- a) diâmetro interno mínimo (d) = 1,10m
- b) profundidade útil mínima (h) = 1,10m
- c) o diâmetro (d) não deve ser superior a duas vezes a profundidade útil (h) - $d \leq 2h$

Para as fossas sépticas de forma prismática retangular são observados:

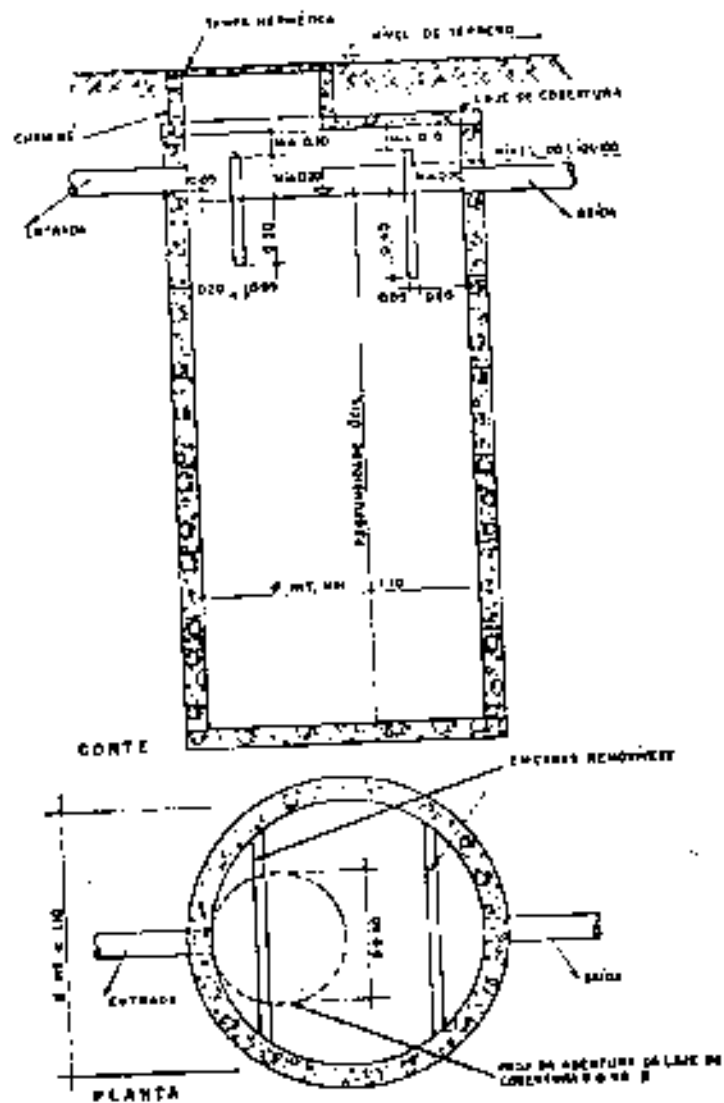
- a) largura interna mínima (b) $\leq 0,70m$
- b) relação entre comprimento (L) e largura (b) - $2 \leq \frac{L}{b} \leq 4$
- c) a largura da fossa (b) não pode ultrapassar duas vezes a sua profundidade útil (h) - $b \leq 2h$

EXECUÇÃO

A localização das fossas sépticas e dos elementos destinados à disposição de efluente deve ser tal que atenda às seguintes condições:

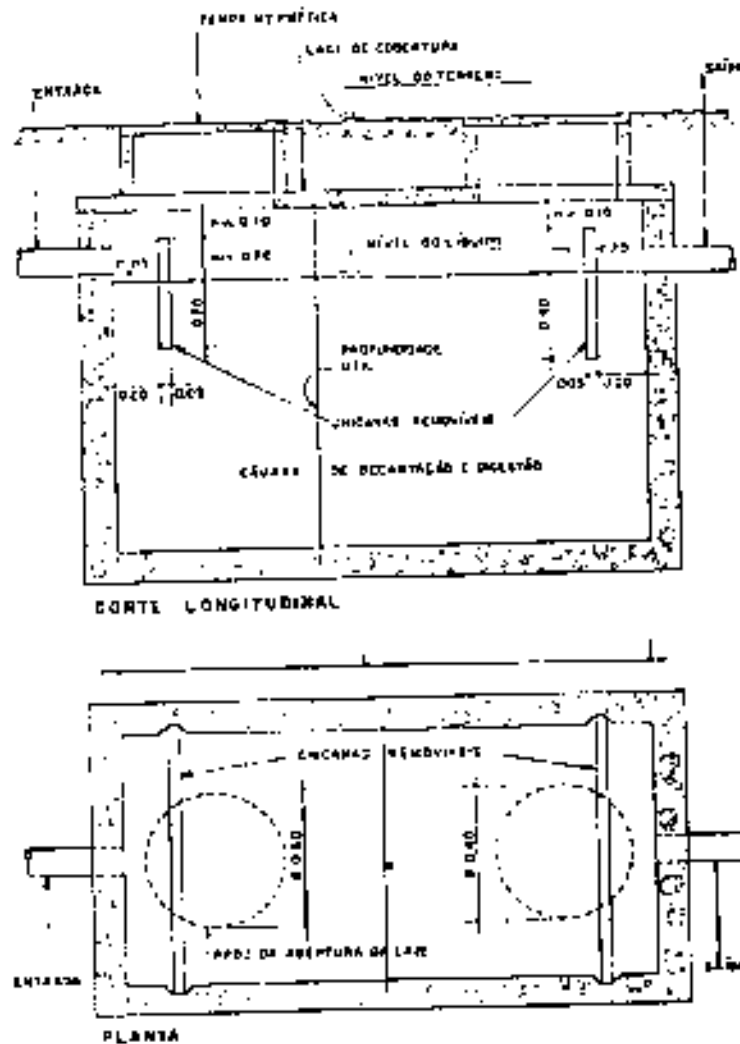
- .afastamento mínimo de 20m de qualquer fonte de abasteci
mento de água ou poço;
- .possibilidade de fácil ligação do coletor predial ao futuro
coletor público;
- .facilidade de acesso, tendo em vista a necessidade de re
moção periódica do lodo digerido;
- .não comprometimento dos mananciais e da estabilidade de
prédios e terrenos próximos.

FIGURA 12 - Fossa sêptica cilíndrica de câmara única.
 Obs.: Todas as medidas estão em metros.



FONTE: JORDÃO, EP; PESSDA, CA. Tratamento de Esgotos Domésticos. 2.^a ed., Rio de Janeiro, RJ. ABES, 1982.

FIGURA 13 - Fossa sêptica prismática retangular de câmara única.



FONTE: JORDÃO, EP; PESSÔA, CA. Tratamento de Esgotos Domésticos. 2ª ed., Rio de Janeiro, RJ, ABES, 1982.

- .Natureza e utilização do solo;
- .Profundidade do lençol freático;
- .Grau de permeabilidade do solo;
- .Utilização e localização da fonte de água de sub-solo utilizada para consumo humano.

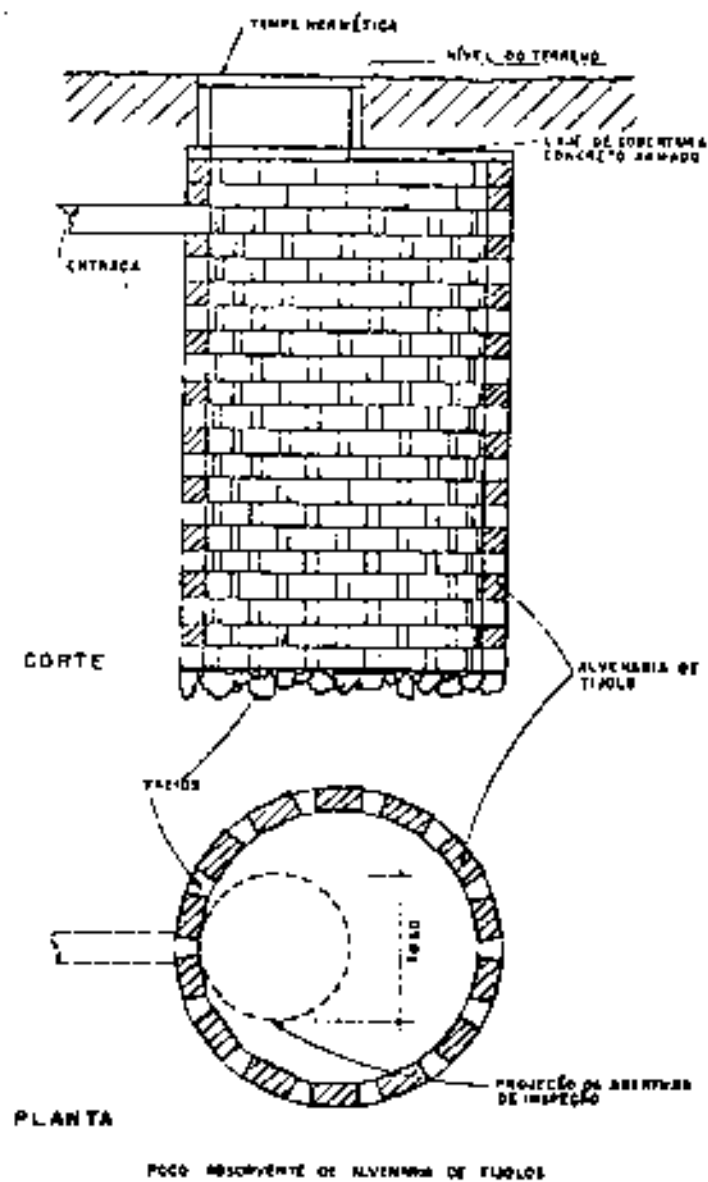
a) Sumidouros

Os sumidouros são também conhecidos como poços absorventes, recebendo os efluentes diretamente das fossas sépticas, tendo portanto vida útil longa devido à facilidade de infiltração do líquido praticamente isento de sólidos causadores de colmatação do solo.

Estas unidades consistem de escavações, cilíndricas ou prismáticas, tendo as paredes protegidas por pedras, tijolos, madeiras, etc. O material utilizado nas paredes não deve ser refuntado, de modo a permitir fácil infiltração do líquido no terreno.

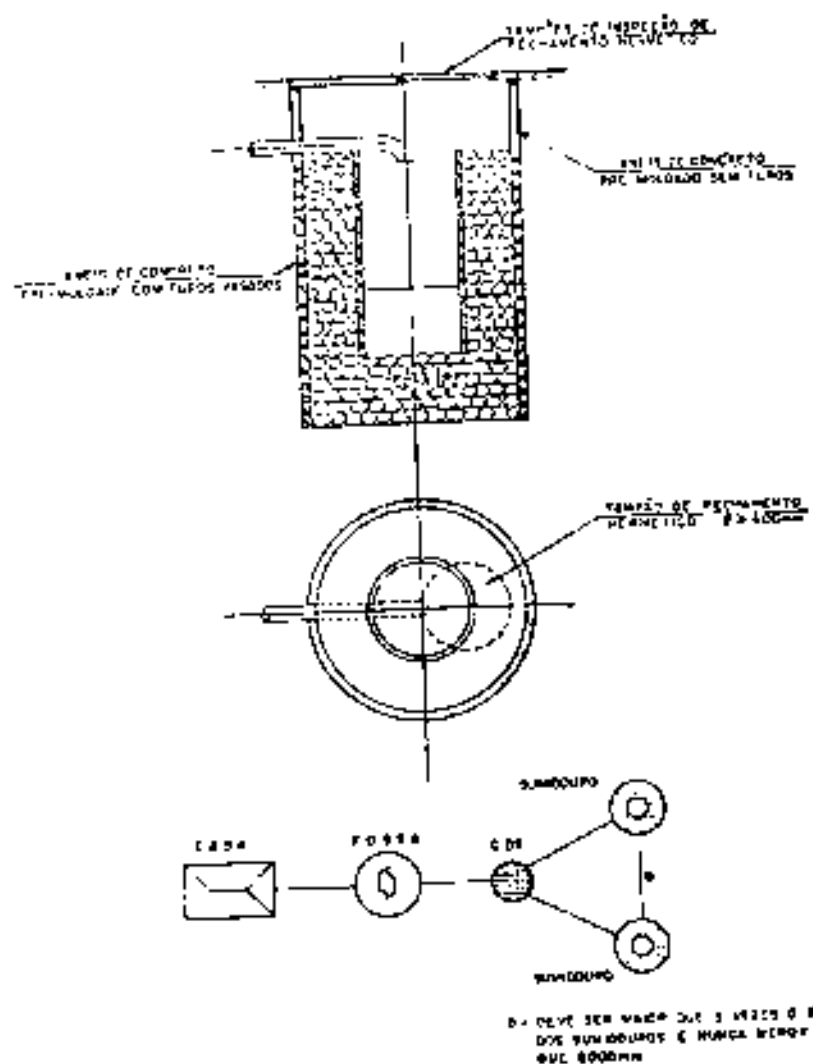
As dimensões dos sumidouros serão determinados em função das características de absorção do terreno, calculadas de acordo com os testes de absorção do solo, o qual se encontra devidamente descrito na Norma NBR 7229/82.

FIGURA 14 - Sumidouro Cilíndrico de Alvenaria de Tijolos

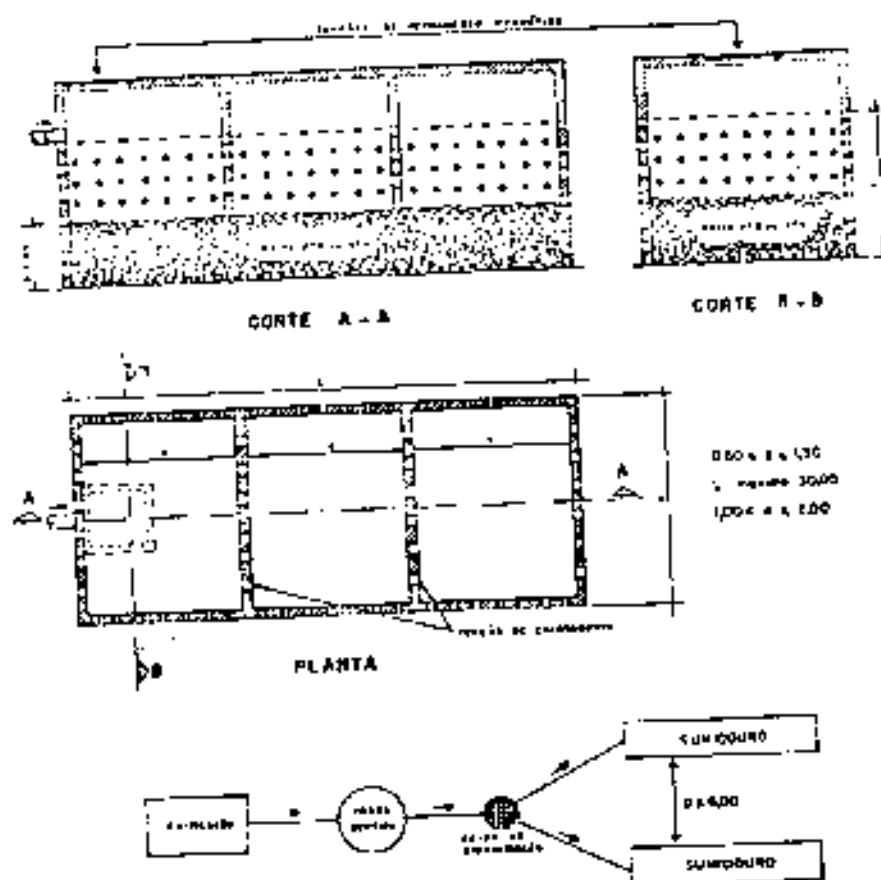


FONTE: JORDÃO, EP; PESSOA, CA. Tratamento de Esgotos Domésticos. 2ª ed., Rio de Janeiro, RJ, ABES, 1982.

FIGURA 15 - Sumidouro Cilindrico com Enchimento



FONTE: JORDÃO, EP; PESSOA, CA. Tratamento de Esgotos Domésticos. 2ª ed., Rio de Janeiro, RJ, ABES, 1982.

FIGURA 16 - Sumidouro prismático

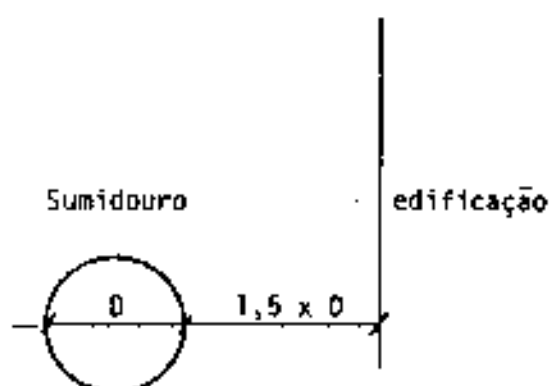
- Nota: a) distância máxima na horizontal e vertical entre furos — 0,20 m.
 b) diâmetro mínimo dos furos — 0,015 m.
 c) considerar como área de infiltração a área lateral até a altura h e z do fundo.

Dimensões em metros

FONTE: JORDÃO, EP; PESSOA, CA. Tratamento de Esgotos Domésticos. 2ª ed., Rio de Janeiro, RJ, ABES, 1982.

Embora a NBR 7229/82 não especifique uma distância mínima a ser resguardada entre o sumidouro e a edificação, por medida de segurança para evitar infiltrações que possam prejudicar as fundações das edificações, deve-se manter um afastamento mínimo de $1,5 \times D$ entre o sumidouro e a edificação, com um mínimo de 1,5m.

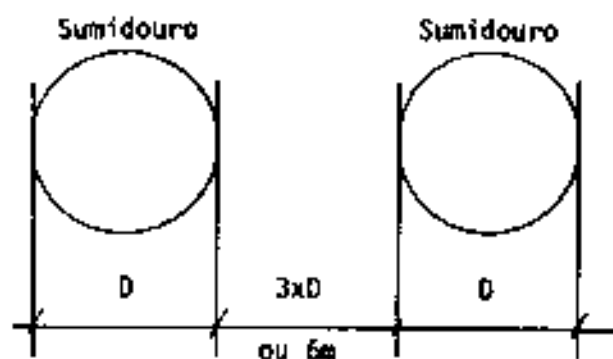
FIGURA 17



Nos projetos, também solicita-se a locação de dois sumidouros, para que na medida em que um poço tenha suas paredes colmatadas, seja garantido no terreno um espaço para a escavação de outro sumidouro.

A distância mínima entre os sumidouros deverá ser de $3 \times D$ e nunca menor do que 6m, pois o raio de influência de cada sumidouro é de $1,5 \times d$.

FIGURA 18



b) Vala de Absorção

A disposição do efluente líquido das fossas sêpticas através de valas de absorção é considerada o processo mais eficiente sob o ponto de vista sanitário. O processo consiste no encaminhamento do efluente das fossas sêpticas a um sistema de coletores convenientemente assentado, de modo a permitir absorção dos esgotos pelo solo, através das juntas ou furos, ou percolação através de uma camada filtrante artificialmente adicionada nas valas.

Em função da existência ou ausência de efluentes destas valas, o sistema é classificado da seguinte maneira:

- .vala de infiltração - sem efluente final
- .vala de filtração - com efluente final

b₁) Vala de Infiltração

O sistema de valas de infiltração consiste em um conjunto de canalizações assentadas a uma profundidade racionalmente fixada, em um solo cujas características permitam a absorção do esgoto efluente da fossa sêptica conectada ao sistema.

As tubulações são normalmente de manilhas cerâmicas com juntas abertas assentadas em valas, comumente denominadas por "campo de nitrificação".

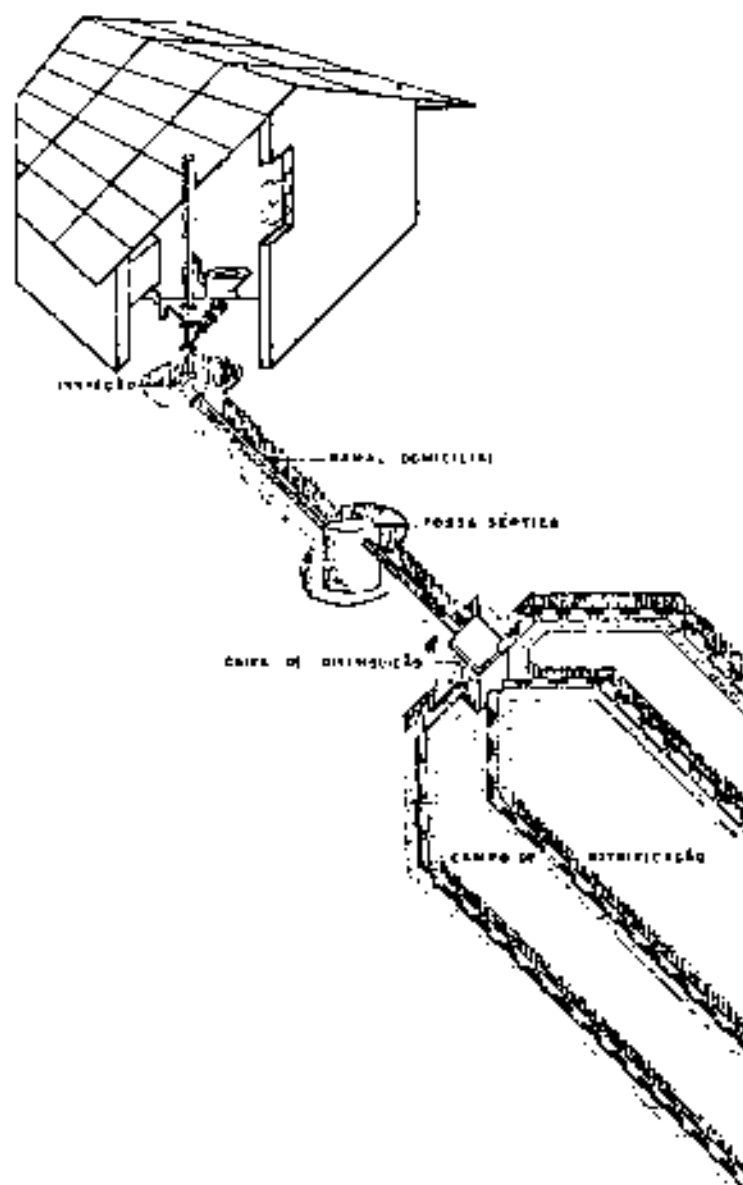
O projeto de valas de infiltração deve considerar as seguintes recomendações:

- .deverá haver pelo menos 2 valas de infiltração;
- .o comprimento máximo de cada vala é de 30m;
- .o espaçamento mínimo entre duas valas de infiltração é de 1,00m;
- .para fossas domiciliares deve-se adotar de 7 a 10m de canalização por pessoa, e para maiores vazões pode-se adotar de 1 a 4m por pessoa;
- .a canalização de infiltração deverá ser assentada em um leito de pedregulho limpo, pedra britada, com diâmetro compreendendo entre 1 a 6cm. Este material se estenderá até 10cm abaixo dos tubos e 5cm acima. As juntas devem ser cobertas com papel alcatroado de modo a evitar o entupimento do sistema;
- .a área de absorção necessária (comprimento e largura das valas) depende das características do solo, em função dos testes de infiltração.

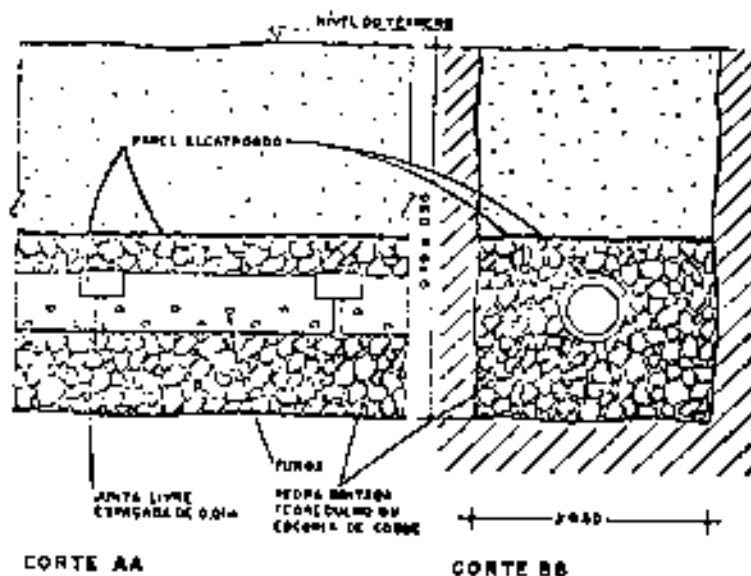
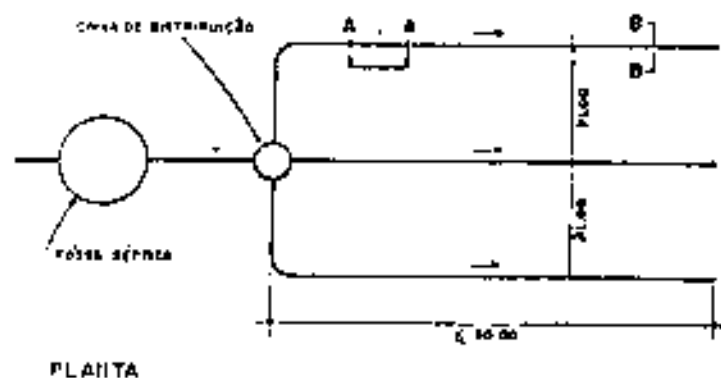
Maiores detalhes ver NBR 7229/82.

DOCUMENTAÇÃO E INFORMAÇÃO
Centro de Vigilância Sanitária
14/02/79

FIGURA 19 - Fossa S ptica e Sistema de Irriga o Subsuperficial.



FONTE: JORDÃO, EP; PESS O, CA. Tratamento de Es-
gotos Domésticos. 2  ed., Rio de Janeiro,
 RJ, ABES, 1982.

FIGURA 20 - Vala de Irrigação

FONTE: JORDÃO, EP; PESSOA, CA. Tratamento de Esgotos Domésticos. 2ª ed., Rio de Janeiro, RJ, ABES, 1982.

b₂) Vala de Filtração

Os sistemas de valas de filtração são constituídos de duas canalizações de esgotos superpostas, com camada entre as mesmas, ocupada com areia.

O sistema é empregado quando o tempo de infiltração do solo não permite adotar outros sistema mais econômico (valas de infiltração) e/ou quando a poluição do lençol freático.

As partes componentes do sistema tem as seguintes funções:

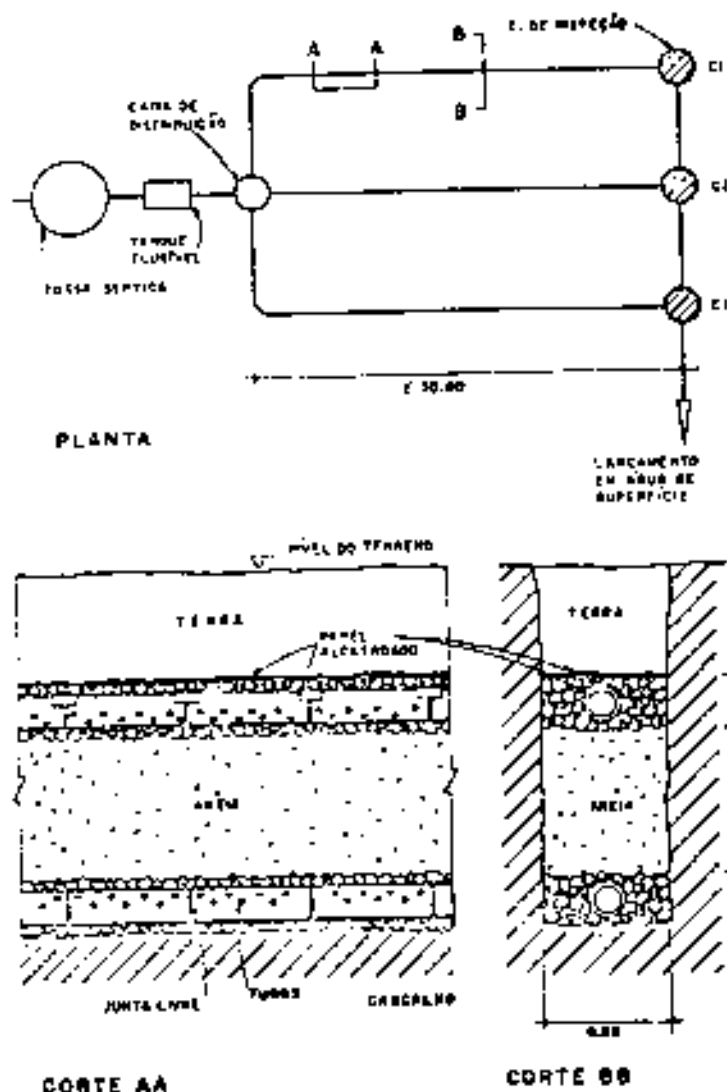
.canalização superior - funciona como um sistema de irrigação subsuperficial (valas de infiltração);

.camada de areia - tem a finalidade de filtrar o líquido percolado;

.canalização inferior - funciona como sistema de drenagem.

O efluente final poderá ser encaminhado para os corpos d'água ou, em casos especiais, para um sistema de sumidouros, devido ao alto grau de tratamento.

Dimensionamento - ver NBR 7229/82.

FIGURA 21 - Vala de filtração

FONTE: JORDÃO, EP; PESSOA, CA. Tratamento de Esgotos Domésticos. 2ª ed., Rio de Janeiro, RJ, ABES, 1982.

c) Filtro Biológico Anaeróbico

As unidades de filtro biológico anaeróbico preconizadas para o tratamento de efluentes líquidos de fossas sépticas são tanques cheios de pedras, usualmente nº 4 (50 a 76mm) onde o esgoto é contactado com culturas de microorganismos anaeróbicos durante um período de acordo com a Tabela III

em anexo, suficiente para reduzir de 70 a 90% a DBO_5 .

NOTA: DBO - Demanda Bioquímica de Oxigênio, é a forma mais utilizada para se medir a quantidade de matéria orgânica presente. Esta determinação mede a quantidade de oxigênio necessária para estabilizar biologicamente a matéria orgânica presente numa amostra, após um tempo dado (tomado para efeito de comparação em 5 dias) e a uma dada temperatura (20°C para efeito de comparação).

Para efeito de cálculo, a NBR 7229/82 determina:

a) Volume Útil

$$V = 1,60 \times NCT \quad \text{onde:}$$

N = nº de contribuintes

C = contribuição de despejos (l/pessoa x dia)
ver Tabela II, em anexo.

T = período de detenção em dias
ver Tabela III, em anexo.

b) Seção Horizontal

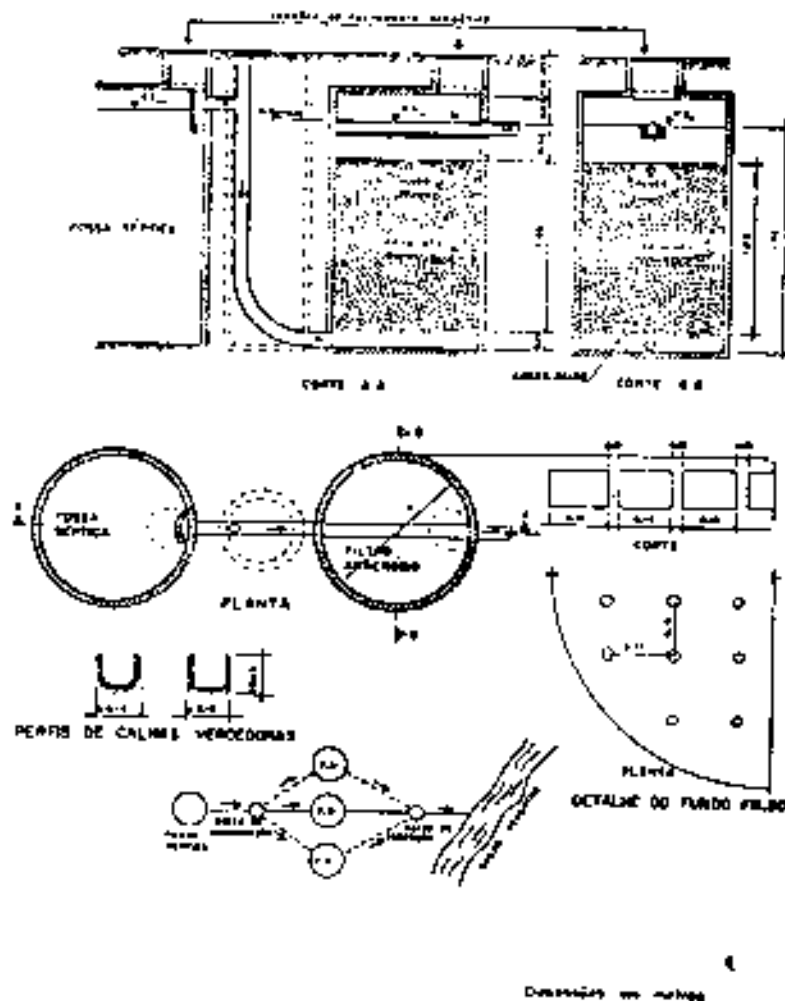
$$S = \frac{V}{T,80} \quad \text{onde:}$$

V = volume útil em m^3

S = área da seção horizontal em metros

A NBR 7229/82 especifica os detalhes construtivos a serem obedecidos pelo filtro biológico anaeróbico.

FIGURA 22 - Filtro Anaeróbico



FONTE: JORDÃO, EP; PESSOA, CA. Tratamento de Esgotos Domésticos. 2ª ed., Rio de Janeiro, RJ, ABES, 1982.

DISPOSIÇÃO DO EFLUENTE SÓLIDO DAS FOSSAS SÉPTICAS

A parte sólida retida nas fossas sépticas (lodo) deverá ser removida periodicamente de acordo com o período de armazenamento estabelecido no cálculo destas unidades.

A falta de limpeza das fossas acarretará diminuição acentuada de sua eficiência. Recomenda-se intervalos variando

de 1 a 3 anos. Geralmente efetua-se a limpeza das fossas quando o lodo atingir camada igual ou superior a 50cm ou 1/3 da profundidade do tanque, para unidades maiores.

Portanto é muito importante que a tampa de acesso à fossa séptica seja deixada livre para permitir a sua limpeza, o que normalmente não ocorre, pois as pessoas via de regra enterram a fossa não sabendo nem mesmo a sua localização exata dentro do terreno.

É importante que o SUDS tenha uma relação das empresas "Limpas-Fossas", conhecendo-se o destino do lodo recolhido pelos caminhões destas firmas. Os efluentes sólidos das fossas sépticas devem ser lançadas em Estações de Tratamento de Esgotos. Na falta de uma E.T.E. no município, o local de destino do lodo das fossas sépticas deverá ser escolhido pela Prefeitura em conjunto com a CETESB e Secretaria da Saúde.

TABELA IV - Possíveis Faixas de Variação de Eficiência na Remoção de DBD_5 das Fossas Sépticas, Valas de Filtração e Filtro Anaeróbico.

ITEM	UNIDADE DE TRATAMENTO	EFICIENCIA NA REMOÇÃO DE DBD_5
1	Fossa séptica de câmara única ou de câmaras sobrepostas	30 a 50%
2	Fossa séptica de câmaras em série	35 a 65%
3	Valas de filtração	75 a 95%
4	Filtro anaeróbico	70 a 90%

5. SISTEMAS COLETIVOS DE COLETA E TRATAMENTO DOS ESGOTOS DOMESTICOS

Uma outra solução adotada para coleta, afastamento e tratamento dos esgotos com transporte hídrico é o sistema coletivo. Esse sistema consiste numa rede de tubos, assentada nas ruas da cidade, a qual realiza a coleta das águas residuais domésticas, encaminhando-as a um local onde é feito o seu tratamento e posterior lançamento final a um curso d'água.

5.1 Tratamentos de Esgotos

Os fenômenos atuantes na formação dos esgotos sanitários deverão atuar de modo inverso, nos processos de tratamento. Assim, se um esgoto é formado pela adição de agentes estritamente físicos, um sistema de remoção destes agentes poderá ser adotado como um processo físico de tratamento.

Em função destes fenômenos e da mesma forma que os poluentes contidos no esgoto são de natureza física, química e/ou biológica, os processos de tratamento podem ser classificados em:

- a) Processos físicos;
- b) Processos químicos;
- c) Processos biológicos.

Obviamente estes processos não atuam isoladamente; as transformações provocadas por um determinado processo de tratamento influirão indiretamente nos fenômenos inerentes aos demais processos.

5.1.1 Processos Físicos

Os processos físicos são assim definidos devido à predominância dos fenômenos físicos adotados por um sistema ou dispositivo de tratamento de esgotos. Estes fenômenos caracterizam-se principalmente nos processos de remoção das substâncias fisicamente separáveis dos líquidos ou que não se encontram dissolvidas. Basicamente têm por finalidade separar as substâncias dissolvidas. Neste caso se incluem:

- .remoção de sólidos grosseiros;
- .remoção de sólidos decantáveis;
- .remoção de sólidos flutuantes.

Mas qualquer outro processo em que há predominância dos fenômenos físicos constitui um processo físico de tratamento, como: remoção da umidade do lodo, filtração dos esgotos, incineração do lodo, diluição dos esgotos, homogeneização dos esgotos.

5.1.2 Processos Químicos

São os processos em que há utilização de produtos químicos e são raramente adotados isoladamente. A necessidade de produtos químicos tem sido a principal causa da menor aplicação do processo. Via de regra, é utilizado quando o emprego de processos físicos e biológicos não atendem ou não atuam eficientemente nas características que se deseja reduzir ou remover. A remoção de sólidos por simples decantação, por exemplo, poderá alcançar níveis elevados se for auxiliada por uma precipitação química; a remoção da umidade do lodo por centrifugação ou por filtração terá resultados nitidamente superiores com o auxílio de polietetrólitos.

Os processos químicos comumente adotados em tratamento de esgoto são:

- .floculação
- .precipitação química
- .elutriação
- .oxidação química
- .cloração
- .neutralização ou correção de pH

5.1.3 Processos Biológicos

São considerados como processos biológicos de tratamento

de esgotos os processos que dependem da ação de microorganismos presentes nos esgotos; os fenômenos inerentes à respiração e à alimentação são predominantes na transformação dos componentes complexos em compostos simples, tais como: sais minerais, gás carbônico e outros.

Os processos biológicos de tratamento procuram reproduzir, em dispositivos racionalmente projetados, os fenômenos biológicos observados na natureza, condicionando-os em área e tempo economicamente justificáveis.

Os principais processos biológicos de tratamento são:

- .Oxidação biológica (lodos ativados, filtros biológicos, valos de oxidação e lagoas de estabilização)
- .Digestão do lodo (aeróbia e anaeróbia, fossas sépticas)

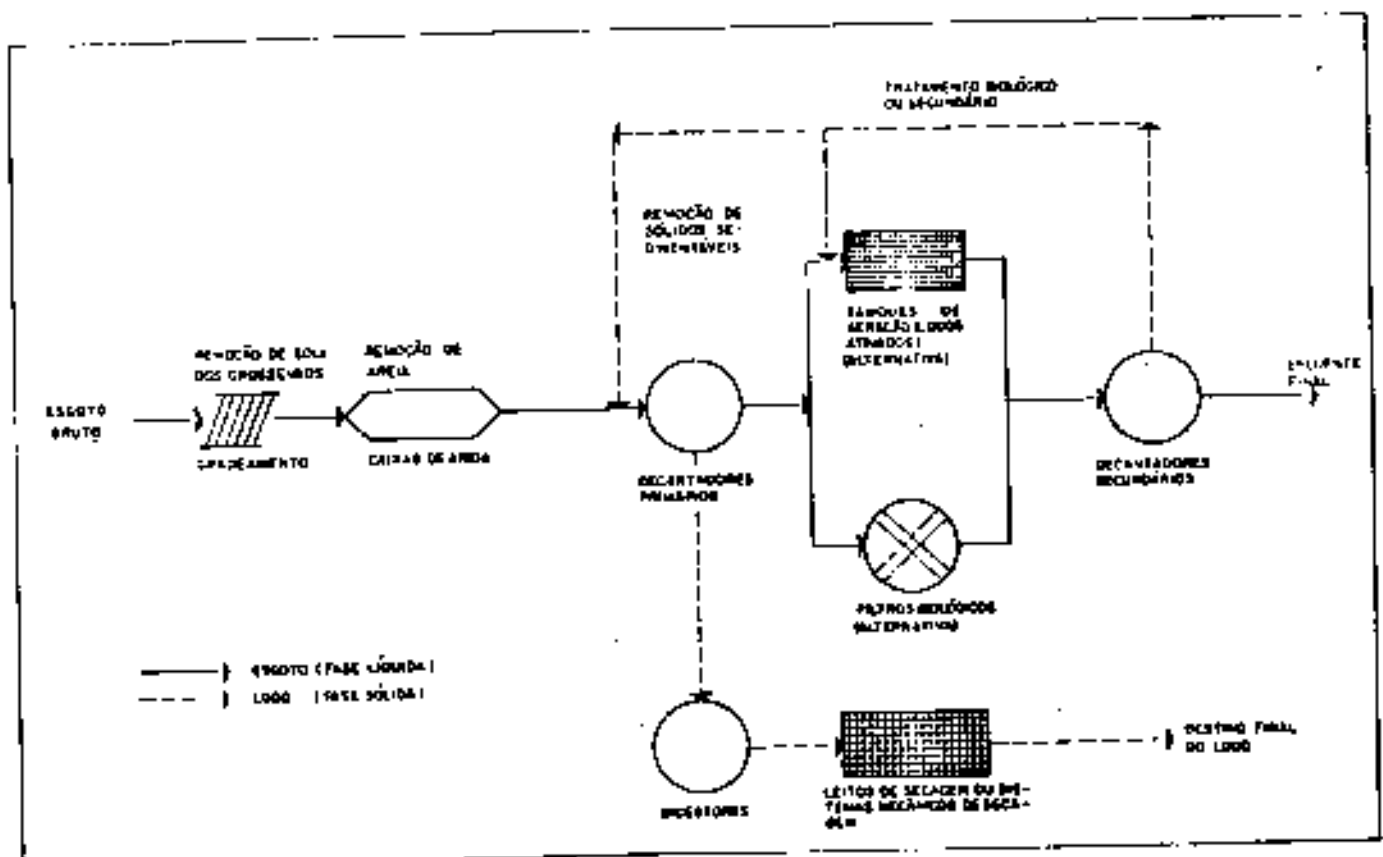
5.1.4 Outros Processos

Além dos processos de tratamento citados, vários outros têm resultado de pesquisas ou são de implantação mais recente, constituindo muitas vezes o que se tem chamado de "tratamento avançado". A técnica do tratamento de esgotos tem evoluído de forma extraordinária e estes outros processos "especiais" constituirão, sem dúvida, formas normais de tratamento, à medida que o desenvolvimento tecnológico

torner mais econômica e simples sua aplicação. Entre estes, pode-se citar:

- . filtração rápida
- . adsorção
- . eletrodialise
- . troca de ions
- . osmose reversa

FIGURA 23 - Fluxograma de uma estação de tratamento convencional de esgotos.



FONTE: JORDÃO, EP; PESSOA, CA. Tratamento de Esgotos Domésticos. 2ª ed., Rio de Janeiro, RJ, ABES, 1982.

É comum classificar as instalações de tratamento em função do grau de redução dos sólidos em suspensão e da DBO proveniente da eficiência de uma ou mais unidades de tratamento.

-Tratamento Preliminar

- .remoção de sólidos grosseiros
- .remoção de gorduras
- .remoção de areias

-Tratamento Primário

- .decação
- .flotação
- .digestão do lodo
- .secagem do lodo
- .sistemas compactos (decação e digestão)

-Tratamento Secundário

- .filtração biológica
- .processo de lodos ativados
- .decação intermediária ou final
- .lagoa de estabilização (podendo-se constituir num sistema unitário)

-Tratamento Terciário

- .lagoas de maturação
- .desinfecção
- .remoção de nutrientes
- .remoção de complexos orgânicos

TABELA V - Eficiência do Tratamento

UNIDADE DE TRATAMENTO	DBO	SS	Bacté- rias	Coli- formes
1. Crivos finos.....	5-10	5-20	10-20	-
2. Cloração de esgoto bruto ou decantado.....	15-30	-	90-95	-
3. Decantadores.....	25-40	40-70	25-75	40-60
4. Flocculadores.....	40-50	50-70	-	60-90
5. Tanques de precipitação química.....	50-85	50-85	40-80	60-90
6. Filtros biológicos de alta capaci- dade.....	65-90	65-92	70-90	80-90
7. Filtros biológicos de baixa capaci- dade.....	80-95	70-92	90-95	-
8. Lodos ativados de alta capacidade.....	50-75	80	70-90	90-96
9. Lodos ativados convencionais.....	75-95	75-95	90-98	-
10. Filtros intermitentes de areia.....	90-95	85-95	95-98	85-95
11. Cloração de efluentes depurados biologicamente.....	-	-	98-99	80-99
12. Lagoas de estabilização*.....	90	-	99	-

5.1.5 Processos de Tratamento atualmente em Pesquisa no Estado de São Paulo.

a) Tratamento de esgotos domésticos por disposição no solo com utilização de gramíneas

Consiste o processo em irrigação superficial em solo plantado com gramíneas, apresentando excelentes resultados sob o ponto de vista de eficiência na remoção de DBO, com eficiência na remoção de sólidos em suspensão, nitrogênio e fósforo.

Em anexo, apresentamos cópia de artigo publicado na Revista DAE, descrevendo as experiências que a SABESP vêm desenvolvendo com este tipo de tratamento no município de Populina no Estado de São Paulo.

b) Digestor Anaeróbico de Fluxo Ascendente (DAFA)

O DAFA baseia-se no seguinte princípio: o lodo é retido no tanque enquanto a parte líquida entra e sai continuamente. O efluente é uniformemente distribuído no fundo do reator e o percorre em fluxo ascendente. Uma camada de lodo forma-se no interior do reator, o qual se denomina Manto de Lodo. Esse lodo que se acumula na parte inferior do reator, possui características especiais de decantação e atividade biológica, que possibilitam uma elevada eficiência na remoção de carga orgânica, a tempos de detenção hidráulica bastante reduzidos.

Em anexo, apresentamos cópia de artigo publicado na Revista de Engenharia Sanitária, onde são descritas as experiências da CETESB com o DAFA, em escala de laboratório.

6. BIBLIOGRAFIA

1. JORDÃO, EP; PESSOA, CA. Tratamento de Esgotos Domésticos. 2ª ed., Rio de Janeiro, RJ, ABES, 1982.
2. CETESB. Sistemas de Esgotos Sanitários. São Paulo, 1977.
3. FUNDACENTRO. Saneamento do Meio. São Paulo, 1985.
4. MANUAL Técnico de Instalações Hidráulicas e Sanitárias. Ed. PINI, 1987.
5. ABNT. NBR 7229/82. Construção e Instalação de Fossas Sêpticas.
6. TERADA, M et al. Tratamento de esgotos domésticos por disposição no solo com utilização de gramíneas. Revista DAE, 45(142): 249-54, 1985.
7. VIEIRA, SMM. Digestor Anaeróbico de Fluxo Ascendente. Revista do Instituto de Engenharia, 466: 30-3, 1988.

ANEXOS

ANEXO A

TABELA II - Contribuições Unitárias de Esgotos (C) e de Lodo Fresco (L_F) por Tipo de Prédios e de Ocupantes.

PRÉDIO	UNIDADE	CONTRIBUIÇÃO (litros/dia)	
		Esgotos(C)	Lodo Fresco(L _F)
1. Ocupantes permanentes			
Hospitais	leito	250	1
Apartamentos	pessoa	200	1
Residências	pessoa	150	1
Escolas - Internatos	pessoa	150	1
Casas populares - rurais	pessoa	150	1
Hotéis (sem cozinha e lavanderia)	pessoa	120	1
Alojamentos provisórios	pessoa	80	1
2. Ocupantes temporários			
Fábrica em geral	operário	70	0,30
Escritórios	pessoa	50	0,20
Edifícios públicos ou comerciais	pessoa	50	0,20
Escolas - externatos	pessoa	50	0,20
Restaurantes e similares	refeição	25	0,10
Cinema, teatro e templos	lugar	2	0,02

FORTE: NBR 7229/82-ABNT - Norma Técnica sobre Construção e Instalação de Fossas Sêpticas.

ANEXO B

TABELA III - Período de Detenção (T)

CONTRIBUIÇÃO (Litros/dia)			PERÍODO DE DETENÇÃO	
			horas	dias (T)
Até		6 000	24	1
6 000	a	7 000	21	0,875
7 000	a	8 000	19	0,79
8 000	a	9 000	18	0,75
9 000	a	10 000	17	0,71
10 000	a	11 000	16	0,67
11 000	a	12 000	15	0,625
12 000	a	13 000	14	0,585
13 000	a	14 000	13	0,54
Acima	de	14 000	12	0,50

FONTE: NBR 7229/82-ABNT - Norma Técnica sobre Construção e Instalação de Fossas Sêpticas.

Tratamento de esgotos domésticos por disposição no solo com utilização de gramíneas

Mostafá Terada (1)
 Antônio Carlos Franco Zuccolo (2)
 Wanderley da Silva Paganini (3)

1 Introdução

Os programas de Saneamento Sanitário I, Sanitário II e Sanitário III, voltados para execução de obras no Interior do Estado de São Paulo, têm possibilitado a implantação de extensões de redes coletoras de tal forma significativa que a sua extensão total cresceu em cerca de 30% nos últimos anos.

Com isto, o volume de despejos líquidos naturais cresceu em 20% no mesmo período.

No que diz respeito ao tratamento dos esgotos, diferentemente das populações metropolitanas, as comunidades do Interior preocupam-se de forma organizada com o problema da poluição dos corpos d'água, em vista do seu intenso aproveitamento nas atividades rurais.

Além disso, é necessária a preservação dos corpos d'água superficiais para fins de abastecimento público, pois a exploração de mananciais subterrâneos tem se mostrado, algumas vezes, tecnicamente viável.

A necessidade de execução de instalação de tratamento, aliada às dificuldades financeiras por que atravessa o setor de saneamento básico, levamos a procurar um processo cujas características o qualifiquem como alternativa de baixo custo aos processos convencionais já consagrados. As pesquisas nos levaram a optar pelo estudo dos processos de tratamento no solo e, em particular, pelo chamado escoamento superficial.

Estes estudos incluíram, inclusive, visita de Sabesp aos EUA, onde conhecemos as experiências em Beta-

ville (Virgínia), Raleigh (Carolina do Norte), Morrow (Geórgia), Gainesville (Flórida) e o de Davis (Califórnia) sendo que esta última é considerada a principal instalação de escoamento superficial (Overland Flow) nos EUA.

O objetivo do presente é descrever a unidade piloto, implantada em escala operacional pela Sabesp na cidade de Populina em 1984, e cujos resultados demonstraram a viabilidade de sua aplicação em grande número de comunidades.

2 Descritivo da unidade implantada

2.1 Local

Populina dista 510 km da Capital do Estado e conta com uma população urbana de 4.700 habitantes. O sistema

de água possui atualmente a 750 ligações e o de esgotos a 300.

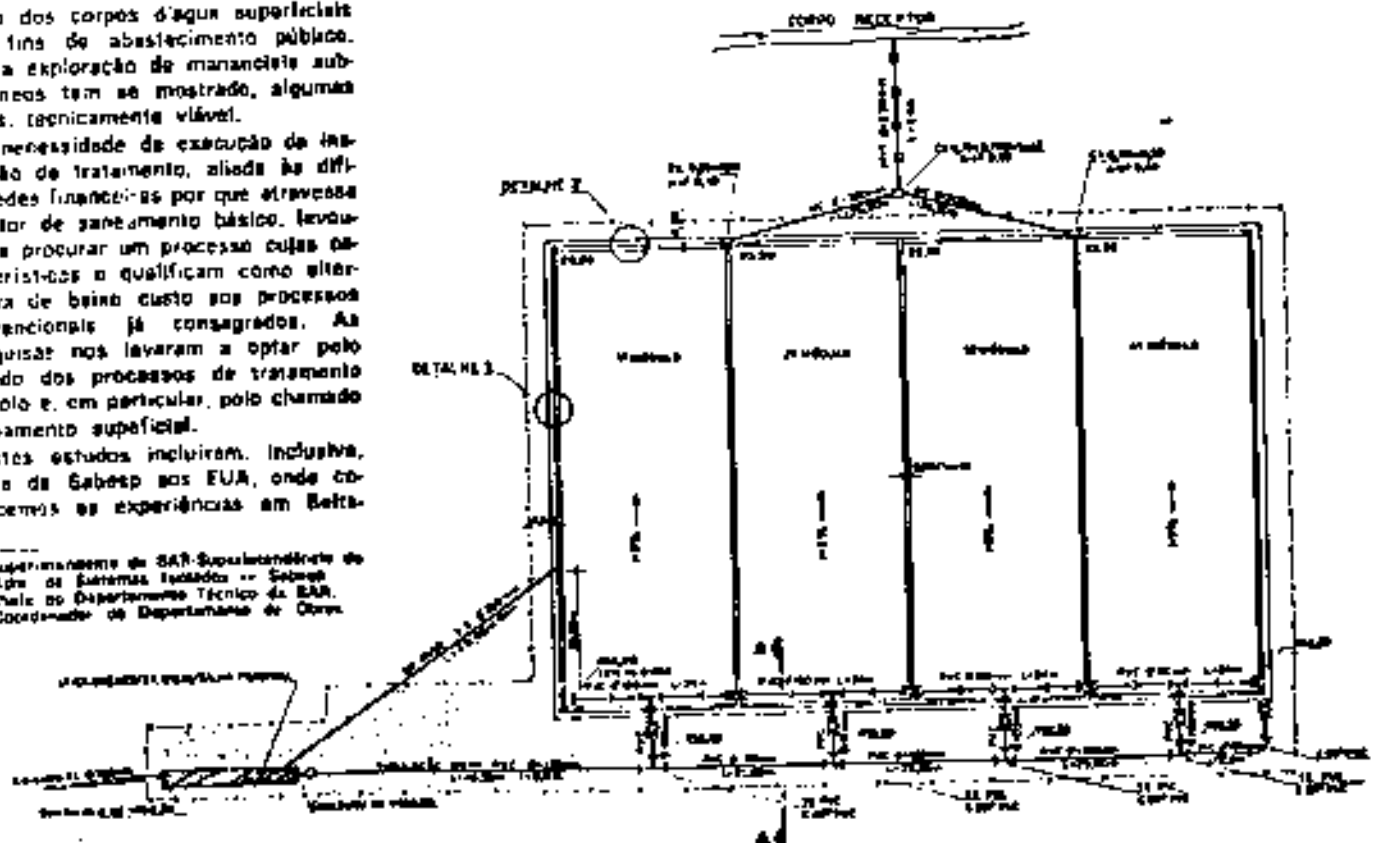
2.2 Vazão de projeto

A unidade em questão foi dimensionada para atendimento de 500 ligações.

2.3 Unidades componentes do sistema de tratamento (Figura 1)

2.3.1 Tratamento preliminar

Composto de um gradiente duplo (com aberturas de 1 1/2" e 3/4") e de uma caixa de areia com duas câmaras independentes de 10 m cada uma. Junto ao tratamento preliminar foi construída uma calha Porshall para medição da vazão afluente.



(1) Superintendente de SAA - Superintendência de Água e Saneamento Básico - Sabesp.
 (2) Chefe do Departamento Técnico da SAA.
 (3) Coordenador de Departamento de Obras.

Figura 1 - Sistema de tratamento de esgotos por disposição no solo

2.2 Conjunto de distribuição

A partir do tratamento preliminar os esgotos são conduzidos aos módulos de tratamento por meio de uma canalização principal e quatro ramais (um PVC-DE Ø 100 mm, um para cada módulo). Em cada um dos ramos foi instalado um registro de gaveta comum.

O lançamento dos esgotos nos módulos é feito por uma canalização transversal à canalização do ramal. Também com tubos de PVC-DE Ø 100 mm perforados de forma a permitir lançamento uniforme em toda sua extensão.

Estes tubos foram apoiados em pilotes de concreto para permitir que pudessem ser movimentados (instrumentos de rotação).

Esse movimento de rotação juntamente com as manobras dos registros que comandam a vazão em cada módulo.

Detalhes nas figuras 2 e 3.

2.3 Módulos de tratamento

Os módulos de tratamento, em número de quatro são planos inclinados de 25 m de largura por 70 m de comprimento cada um.

Os dois primeiros módulos (denominados 1 e 2) têm declividade de 5% e os outros dois têm 2%.

Os módulos separam-se entre si por passarelas que permitem o acesso a qualquer ponto.

2.3.4 Coleta e lançamento final

O esgoto remanescente do processo surge em coletores de concreto moldados in loco ao longo de toda face transversal dos módulos. Os coletores o esgoto é conduzido para duas caixas de coleta e destas para uma canalização de 250 mm de diâmetro até o corpo receptor, que margem a área de tratamento.



Fig. 1 - Vista aérea da alameda



Foto 2 - Vista geral da alameda

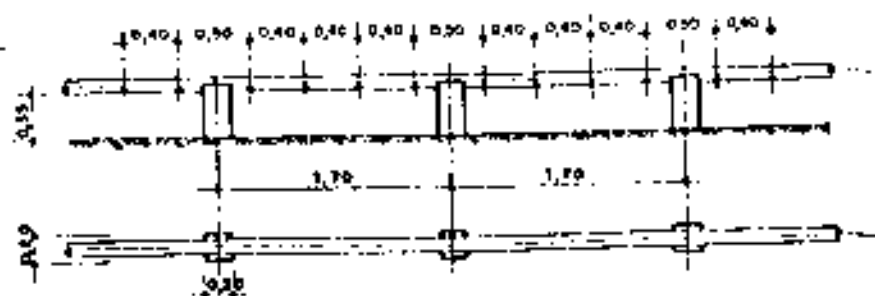


Figura 2 - Detalle das pilinas de tubulação de PVC sobre o terreno

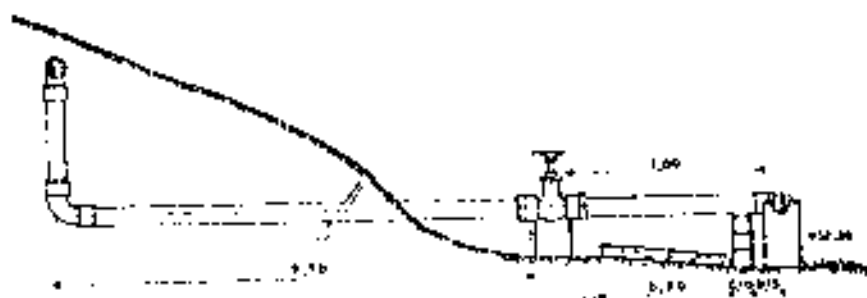


Figura 3 - Corte AA

3 Seleção da vegetal

Várias espécies vegetais foram pesquisadas. As premissas básicas foram de que o vegetal a ser utilizado tivesse grande resistência a poluição e fosse perene. Além disso teria de ser resistente a longos períodos de imersão, de fácil manuseio e que suas características e fisiologia apresentassem boas perspectivas para o propósito.

As espécies pesquisadas foram:

- Brachiaria humidicola*.
- Brachiaria congolense* (capim fino).
- Panicum repens*.
- Brachiaria brizantha*.
- Brachiaria decumbens*.
- Brachiaria tonner grass*.
- Tilpa angustifolia* (taboa).

Das espécies investigadas, a *Brachiaria humidicola* apresentou melho-

res atributos para fim de tratamento de esgotos.

Entre suas características destaca-se:

a) conformação física da parte externa da planta mais uniforme e com menor quantidade de material morto (morta) características que conferem a essa espécie vantagens no que se refere a proporcionar homogeneidade do fluxo dos esgotos no escoamento.

b) raízes profundas que permitem um alcance ainda maior da ação do sistema radicular do vegetal na utilização dos macro e microelementos e proporcionando uma melhor aeração do solo. A *Brachiaria humidicola* chega a ter raízes com até 4 m de profundidade;

c) excepcional resistência à umidade e à poluição, requisitos extremamente importantes já que o lançamento dos esgotos deverá se dar durante

de 24 horas seguidas no mesmo módulo.

As facilidades de manuseio que implica que as operações de transporte, plantio e poda sejam extremamente fáceis.

As facilidades de obtenção, pois a *Brachiaria humidicola* pode ser encontrada em pastagens tropicais muito comuns no Brasil.

4 Agentes atuantes no tratamento

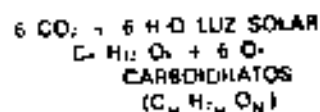
(Figura 4)

4.1 Colo da planta

Permitirá a formação de um filme biológico que deverá ter funções semelhantes aos filmes biológicos.

4.2 Sistema foliar

O sistema foliar utilizará macro e micronutrientes na produção de seus nutrientes, como por exemplo, na fotossíntese.



Ajudará também a diminuir a possibilidade da existência de aerossóis. As plantas possuem estômatos, elementos que são mais desenvolvidos nas aquáticas e, no nosso caso em especial deveremos observar a resposta dos estômatos de *Brachiaria humidicola*.

4.3 Sistema radicular

Diminuirá o efeito da lixiviação que em alguns casos poderá ser prejudicial, até patogênica. As raízes deverão absorver minerais em forma de macro e micronutrientes mineralizados da matéria orgânica através dos colóides.

As raízes também respiram e portanto absorvem O_2 e eliminam CO_2 que deverá combater com NH_3 , manganês, ferro, cobre, manganês, molibdênio, cobalto, zinco etc.

4.4 Solo

O solo proporcionará a depuração natural dos efluentes de forma física, química e biológica, e neste caso, com um melhor rendimento se considerarmos o aumento na sua porosidade, dada a potência do sistema radicular.

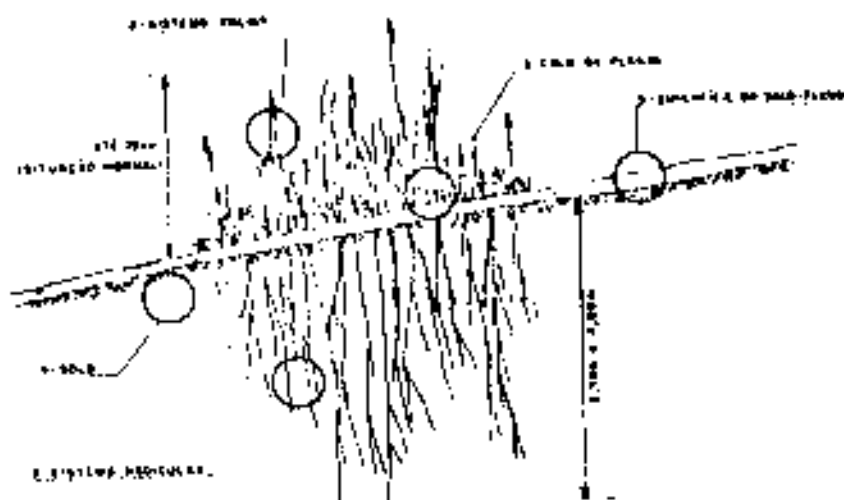
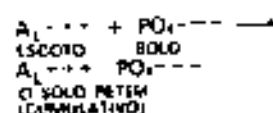


Figura 4 — Agentes atuantes no tratamento

Como exemplo clássico de reação química podemos citar a combinação do alumínio trazido pelos efluentes com os íons de fosfato do solo.



5 Resultados práticos preliminares

5.1 Problemas apresentados e soluções

a) Fluxos preferenciais na massa líquida — que fazem com que não haja uniformidade na distribuição.

Efeito negativo: Redução da área útil e rendimento geral.

Causa: Nos módulos 1 e 2 a graminha foi plantada por placas, as quais, sendo de largura e espessura diferentes, não permitiram um acabamento uniforme.

Soluções: Para solucionar o problema, foram instalados anteparos a cada 10 m em cada um dos módulos 1 e 2 que provocavam uma redistribuição do fluxo. Também foram executados pequenos aterros manuais nos pontos onde havia retenção de um volume maior.

Para os módulos 3 e 4 o plantio foi feito por semeadura sobre o solo perfeitamente regularizado. Nestes módulos foram instalados anteparos a cada 5 m.

b) Declividade excessiva — que aumenta a velocidade de escoamento da massa líquida.

Efeitos negativos: A declividade adotada originalmente de 5% fez com que o tempo de detenção ficasse muito reduzido. Além disso, a velocidade de escoamento dificultou a distribuição uniforme do fluxo e impediu a formação do "filme" biológico.

Solução: A solução adotada foi a de se reduzir a declividade para 2% com a utilização dos anteparos citados no item anterior.

c) Entupimento dos furos da tubagem de distribuição.

Efeitos negativos: Distribuição não uniforme da massa líquida.

Causa: Passagem de sólidos e areia respectivamente pelo gradeamento e caixa de areia.

Solução: O problema foi solucionado através da instalação de um sistema de gradeamento com menores aberturas das malhas e, consequentemente um aumento na frequência das operações de limpeza. Também foram incrementadas as operações de limpeza da caixa de areia.

5.2 Resultados obtidos

Numa série de análises efetuadas em 5/2/85, o sistema apresentou um rendimento em termos da redução de DBO de ordem de 85% e da DCO em 81%.

6 Plano de pesquisa operacional

A sequência dos trabalhos prevê a operação do sistema com a execução de dois ciclos de pesquisa de 52 dias cada um. O primeiro deles deverá iniciar-se em julho/85 e o segundo em janeiro/86, visto que nestas épocas do ano o clima apresenta-se com grandes variações.

6.1 Operação básica durante a pesquisa

a) Limpeza do gradeamento e esvaia de areia
Periodicidade: diária

Obs.: O material deverá ser inclinado na unidade de incineração e o resíduo disposto nos sumidouros.

b) Verificação das eventuais obstruções nos furos das tubulações de distribuição
Periodicidade: sempre que necessário.

c) Descarga na tubulação principal
Periodicidade: semanal.

d) Verificar homogeneidade de disposição nos módulos
Periodicidade: sempre que necessário.

Obs.: A inutilidade do presente e constatar a existência de fluxos preferenciais e corrigir.

e) Limpeza das canalizações de coleta
Periodicidade: semanal

f) Corte e retirada da biomassa
Periodicidade: sempre que a altura da vegetação ultrapassar 30 cm.

Obs.: Deve-se evitar, também, que a vegetação venha a inclinar de forma excessiva pelo peso. Quando isto ocorrer, o corte deve ser providenciado.

Com relação à biomassa colhida se houver destinação definida para alimentação animal, a mesma deverá passar por um processo de maturação que consiste na exposição do material ao sol durante 21 dias, sendo que o mesmo deverá ser revolvido a cada dois dias. Caso a biomassa não tenha

destino definido ela deverá ser simplesmente incinerada.

6.2 Plano de pesquisa operacional

6.2.1 Variações de experimento

A pesquisa operacional do processo se dará através de um plano de pesquisa que prevê dois ciclos de mesma duração (52 dias).

Em cada ciclo deste, deverão ser conjugados os serviços de amostragem com variações no esquema operacional.

Tendo como base o esquema da figura 5, as variações de experimento deverão ser as seguintes:

- 1) Condição normal — Variação: Toda
- 2) Descrição: Operação alternada durante 28 dias, sendo 24 horas com

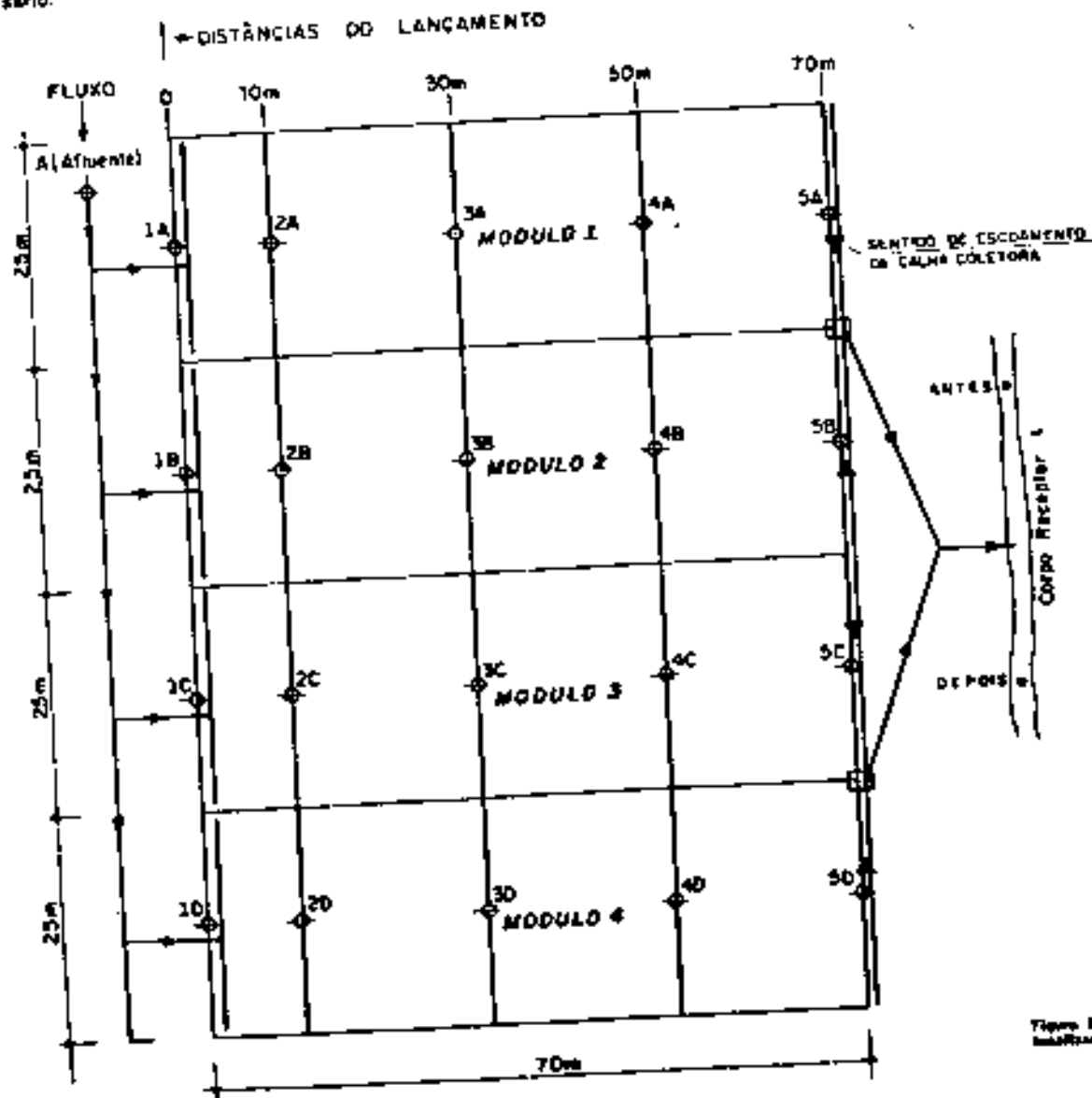


Figura 5 — Esquema das unidades de instalação das unidades de coleta

contorno nos módulos 1 e 3, e 24 horas nos módulos 2 e 4.

2) Variação I — Vazão: Total — Descrição: Operação alternada durante oito dias, sendo 24 horas no módulo 1, 24 horas no 2, 24 horas no 3 e 24 horas no 4, em duas etapas.

3) Variação II — Vazão: Total — Descrição: Operação alternada durante oito dias, sendo 24 horas com lançamento nos módulos 1 e 2, e 24 horas nos módulos 3 e 4.

4) Variação III — Vazão: 3/4 total — Descrição: Operação alternada durante quatro dias, sendo 24 horas com

lançamento nos módulos 1 e 2, e 24 horas nos módulos 3 e 4.

— Descrição: Operação alternada durante quatro dias, sendo 24 horas nos módulos 1 e 2, e 24 horas nos módulos 3 e 4.

OBS.: Esquema básico das variações na Figura 2.

5.2.2 Exames, análises e medições a serem feitas

Para que o processo possa ser pesquisado em todos os aspectos importantes de forma a permitir uma análise precisa de seu rendimento, deverão ser desenvolvidos os seguintes trabalhos de laboratório:

a) Na massa líquida

No massa líquida, o ciclo de pesquisa prevê duas campanhas de amostragem com a finalidade de apresentar os resultados de acordo com Quadro 1.

b) No solo

No solo estão previstas duas campanhas de amostragem no final de cada ciclo.

As coletas deverão ser feitas de mesma forma que foram por ocasião

Quadro 1 — Exames, análises e medições a serem feitas na massa líquida

MODALIDADE	TIPO	PERIODICIDADE	PONTOS DE ANÁLISE *								CORPO RECEPTOR ANTES	CORPO RECEPTOR DEPOIS	
			A	1	2	3	4	5	E				
MEDIÇÕES	VAZÃO	HORÁRIA	X								X		
ANÁLISES FÍSICO QUÍMICAS	S SUSP.	DIÁRIA	X	X	X	X	X	X	X	X			
	CO ₂	DIÁRIA	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	
	TEMPERAT	HORÁRIA	X	X	X	X	X	X	X	X			
	pH	DIÁRIA	X	X	X	X	X	X	X	X			
	TURBIDEZ	DIÁRIA	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	
	DBO	DIÁRIA	X	X	X	X	X	X	X	X			
	DQO	DIÁRIA	X	X	X	X	X	X	X	X			
	OD	DIÁRIA	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	
	NITROGÊNIO ORGÂNICO	EM CADA VARIÇÃO	X	X	X	X	X	X	X	X			
	NITROGÊNIO AMONÍACAL	EM CADA VARIÇÃO	X	X	X	X	X	X	X	X			
FÓSFORO TOTAL	EM CADA VARIÇÃO	X	X	X	X	X	X	X	X				
EXAMES BACTERIOLÓGICOS	COLIFORME TOTAL	1 x CADA VARIÇÃO	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	
	COLIFORME FECAL	1 x CADA VARIÇÃO	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	

① 50m ABAIXO DO LANÇAMENTO.

* - CONFORME FIGURA

• - CONFORME VARIAÇÕES NO EXPERIMENTO.

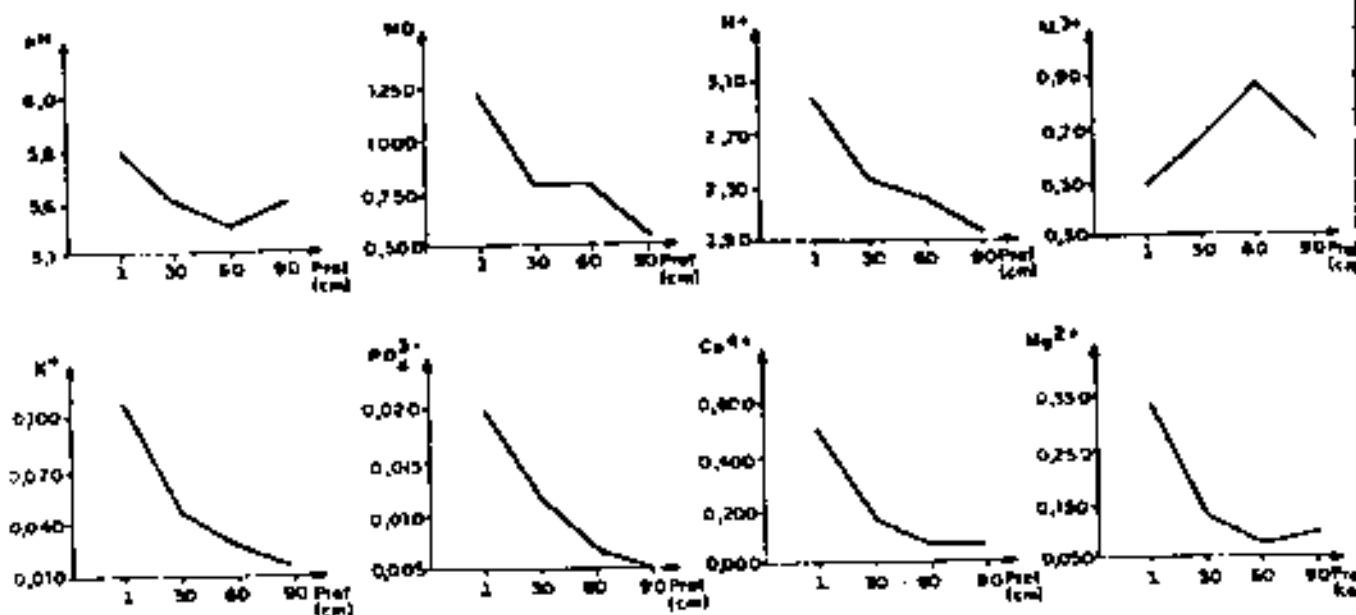


Figura 5 — Exames feitos no solo por ocasião das obras.

do início das obras (Figura 6) e deve-se apresentar os exames de pH, matéria orgânica, hidrogênio⁺, Alumínio (Al⁺⁺⁺), Potássio (K⁺), Fósforo (PO₄³⁻), Sódio, Cálcio (Ca⁺⁺), Magnésio (Mg⁺⁺), metais pesados, bacteriologia para coliformes e Escherichia coli e enterovírus.

c) No vegetal

No vegetal serão necessárias duas campanhas de amostragem, sendo uma em cada final do ciclo de pesquisa.

As amostras a serem feitas deverão apresentar resultados de análise quantitativa de crescimento e comparações entre metabolismos do vegetal de áreas de tratamento e outra de um controle que não receba efluentes.

Deverão também ser feitas as seguintes análises:

c 1) No vegetal vivo: fotossíntese, bacteriológico, parasitológico;

c 2) No vegetal 24 horas após o corte: bacteriológico, parasitológico e enterovírus;

c 3) No vegetal 21 dias após o corte: bacteriológico, parasitológico e enterovírus.

d) Medições complementares

Durante todo o período de um ano em que as pesquisas se desenvolveram diariamente, deverão ser anotadas condições meteorológicas, tais como: temperatura do ar, pressão atmosférica e dados de precipitação.

7 Conclusões

O processo de tratamento de efluentes por escoamento superficial com utilização de gramíneas tem apresentado excelentes resultados sob o ponto de vista de eficiência de remoção da DBO.

A literatura consultada tem demonstrado que o processo apresenta grande eficiência na redução de sólidos em suspensão, nitrogênio e fósforo. Os ciclos de pesquisa que estamos iniciando poderão comprovar estes dados, através de campanhas de amostragem bem controladas.

Também sob o ponto de vista operacional, a unidade em questão tem apresentado excelentes resultados no que diz respeito à manutenção, que se resume em umas poucas atividades, já que não existe no local qualquer equipamento hidráulico ou eletromecânico.

Desta forma podemos concluir que a experiência de Populina resultou na consolidação técnica de um processo cujas características o qualificam como uma boa alternativa aos já consagrados.

Não é apenas sob o ponto de vista técnico que a experiência deve ser associada. Merece destaque o fato de o processo, mesmo baseado em uma tecnologia não convencional, ter sido introduzido na Sabesp "pelos portais da frente". E isto deveu-se a um efetivo apoio dado pela diretoria de

Sabesp e que abriu caminhos para novas investidas.

8 Referências bibliográficas

- 1 — MCPHERSON, James B. — Land Treatment of Wastewater at Wembley Park, Present and Future — International Conference on Developments in Land Methods of Wastewater Treatment and Utilization, Conference Papers, Melbourne, Victoria, Australia, October 23-27, 1978.
- 2 — SCOTT, Lenora M. and FULLON, Patrick M. — Removal of Pollutants in the Overland Flow (Grass Filtration) System — International Conference on Developments in Land Methods of Wastewater Treatment and Utilization, Conference Papers, Melbourne, Victoria, Australia, October 23-27, 1978.
- 3 — SMITH, Robert G. and Schroeder, Edward D. — Physical Design of Overland Flow Systems — Journal WPCF, Volume 55, Number 3, March, 1983.
- 4 — SMITH, Robert G. — The Overland Flow Process — Environmental Progress (vol. 1 — n.º 2) August, 1982.
- 5 — MELO, José Antonio Sales de — Aplicação de Águas Residuárias no Solo como um Método de Trabalho, disposição final e reciclagem das águas usadas — III Congresso Brasileiro de Engenharia Sanitária.
- 6 — NUCCI, Nelson L. R., Silva, Rodolfo J. Costa e Araújo, João Luiz Barros — Tratamento de Efluentes Industriais por disposição e sua Aplicabilidade no Estado de São Paulo.
- 7 — ASSESSORIA especial para estudos epidemiológicos e de produção animal — Dr. Diogeni Antonio Gonçalves — Professor Adjunto de Fisiologia e Patologia da Unesp Botucatu e Professor Colaborador da USP.

Digestor Anaeróbio de Fluxo Ascendente

SONIA MARIA MANSO VIEIRA (*)

INTRODUÇÃO

Na escolha de um processo de tratamento de esgotos, sempre se busca a solução mais simples e econômica, levando-se em conta as necessidades e condições locais.

Quando se dispõe de grandes áreas próximas ao sistema de coleta, a solução mais simples e econômica para tratamento de esgotos domésticos tem sido as lagoas de estabilização. As referidas lagoas consistem de grandes tanques cavados na terra, sendo a remoção da matéria orgânica realizada no mesmo nível dos processos sofisticados. Sua operação é muito simples, resumindo-se, praticamente aos trabalhos de manutenção e limpeza do local, sendo as mesmas bastante utilizadas no Brasil.

Seu inconveniente reside na necessidade de grandes áreas nas proximidades do sistema de coleta dos esgotos de modo que não seja necessária a construção para transporte dos esgotos, pois estes são caros e inviabilizam o sistema do ponto de vista econômico. O terreno, preferencialmente, deve ter topografia adequada (pouco acidentada) de modo a minimizar os custos de movimentos de terra.

No caso de núcleos urbanos onde não há disponibilidade de áreas extensas próximas ao local de esgotamento faz-se necessária a implantação de sistemas compactos de tratamento. Assim, nas grandes cidades têm sido empregados os sistemas compactos convencionais que se baseiam em processos aeróbios.

Estes sistemas necessitam energia para aeração e agitação e são relativamente complexos do ponto de vista de manutenção e operação. No entanto, como até alguns anos atrás não havia preocupação em se economizar energia, estes processos não apresentavam gran-

des inconvenientes para países com alto grau de desenvolvimento já que dispunham de tecnologia sofisticada e pessoal especializado. Assim, os sistemas instalados nestes países utilizam, basicamente, o processo de lodos ativados, que consiste na aeração através de equipamentos mecânicos, do esgoto decantado, gerando um lodo ativado. Esse lodo que sai junto com o efluente do sistema é decantado e devolvido parcialmente para o tanque de aeração. O sistema é complexo e envolve custos elevados.

Além disso muitas estações de tratamento por lodos ativados não apresentam o rendimento esperado devido à complexidade de operação do sistema.

No Brasil, essas considerações de ordem técnica e econômica por si só justificam um esforço na busca de opções para o tratamento de esgoto.

Outra justificativa deste esforço é considerar a precariedade das condições de saneamento em particular do tratamento dos esgotos, da maioria da população brasileira, o que impõe aos técnicos do setor a busca de soluções não convencionais.

No Brasil, poucasíssimas cidades possuem tratamento de esgotos à nível secundário. Em alguns casos remove-se apenas os sólidos (tratamento primário) de parte dos esgotos gerados. Na cidade de São Paulo, que é a mais industrializada do país, apenas 5% dos esgotos coletados sofrem tratamento primário.

O DESENVOLVIMENTO DE NOVOS PROCESSOS DE TRATAMENTO

Com a crise de energia, iniciou-se na década de 70 uma preocupação em se desenvolver sistemas de tratamento baseados em processos anaeróbios. Estes, além de não necessitar energia para aeração e agitação, produzem gás combustível na forma de metano se constituindo, portanto, em fonte alternativa de energia. Estes processos são muito mais simples do ponto de vista de manutenção e operação e mais baratos que os processos aeróbios, sendo portanto, mais baratos que estes. Dessa modo, sistemas de tratamento baseados em processos

anaeróbios são mais compatíveis com a realidade brasileira.

Dentre os sistemas anaeróbios, um deles merece especial atenção em face do alto grau de desenvolvimento já obtido em diversas instalações em funcionamento na Europa e Estados Unidos para o tratamento de resíduos industriais é o Digestor Anaeróbio de Fluxo Ascendente e Lodo de Lodo. Nestes países o esgoto doméstico já é tratado por processos convencionais, não havendo a mesma urgência de desenvolvimento de outros processos de tratamento de esgotos.

Devido à nossa necessidade de novas opções tecnológicas para o tratamento de esgotos, na CETESB procurou-se desenvolver alternativas simples e econômicas, condizentes com a realidade nacional. Desta forma, depois de anos de pesquisa, o digestor anaeróbio de fluxo ascendente e lodo de lodo foi adaptado e teve sua aplicação no tratamento de esgotos domésticos.

DIGESTOR ANAERÓBIO DE FLUXO ASCENDENTE (DAFA)

O reduzido emprego de processos anaeróbios para tratamento de efluentes devia-se ao fato de detenção necessário para degradação da matéria orgânica ser relativamente elevado, quando comparado aos processos aeróbios. Isto implica na necessidade de volumes muito grandes de tanques de digestão, fazendo com que os processos anaeróbios continuassem a ser aplicados apenas para pequenas quantidades de resíduos.

Com os recentes desenvolvimentos dos processos anaeróbios foi possível reduzir esse tempo de detenção hidráulica, mantendo material celular dentro do tanque, ou seja mantendo-se alto apenas o tempo de detenção celular.

O Digestor Anaeróbio de Fluxo Ascendente baseia-se neste princípio: o lodo é retido no tanque enquanto a parte líquida entra e sai continuamente. Ele consiste de um tanque em cuja parte superior a um decantador e um defletor de gases. O afluente é uniformemente distribuído no fundo do reator e o percole em fluxo ascendente. Uma camada de

(*) Química da CETESB, Mestre em Bioquímica

Marcos Eduardo de Souza

Jussara Lima Carneiro

Akiko Diniz Garcia Jr.

Engenheiros da CETESB, Mestres em Engenharia Química

lodo forma-se no interior do reator, o qual se denomina Manto de lodo. Esse lodo, que se acumula na parte inferior do reator, possui características especiais de decantação e atividade biológica, que possibilitam uma elevada eficiência na remoção de CRG orgânica e tempo de detenção hidráulico bastante reduzidos.

No caso do esgoto, este tempo de detenção chega a atingir 4 horas. O esgoto ao passar por este manto de lodo é degradado, havendo produção de gás carbônico, gás metano, lodo mineralizado e novas bactérias.

O efluente tratado, mais os sólidos, passa para o decantador localizado na fuga do reator. Os sólidos decantam e voltam para o fundo do reator e o líquido sai por canaletas dispostas na parte superior deste decantador. O biogás produzido se dirige para a saída de gases, enquanto o excesso de lodo que se acumula do fundo do reator é retirado periodicamente. Um esquema do reator é mostrado na figura 1.

Disposição e Aproveitamento dos Produtos do Digestor Anaeróbio de Fluxo Ascendente

Efluente

A disposição do efluente de um processo depende das características do mesmo. Esgotos domésticos típicos tratados por este processo geram um efluente com DBO na faixa de 40 a 60 mg/L.

A remoção da matéria orgânica, medida em DBO, é da ordem de 70 a 80%.

O efluente não contém oxigênio dissolvido e possui odor desagradável de gás sulfídrico, necessitando atenção especial na sua disposição.

Organismos patogênicos e nutrientes não são removidos por este processo.

Biogás

O biogás é constituído de metano (CH_4), óxido de Carbono (CO_2), traços de Hidrogênio (H_2) e gás sulfídrico (H_2S). A quantidade de biogás gerada no tratamento de esgotos por Digestor Anaeróbio de Fluxo Ascendente situa-se entre 120 a 160 NI de biogás/kg DBO, com concentração de metano de 80% e poder calorífico de 190 Kcal/hab. dia.

Para contribuição de esgotos de 200 l/hab. dia com DBO de 500 mg/l, a produção de biogás é de 12 a 16 NI/hab. dia. Este gás pode ser utilizado diretamente em fogões, lâmpadas de iluminação ou motores de combustão interna, sem que seja necessário sua purificação. Apenas os equipamentos devem ser providos de adaptadores especiais. O gás arde com chama azul completamente livre de fuligem.

O biogás pode também ser utilizado

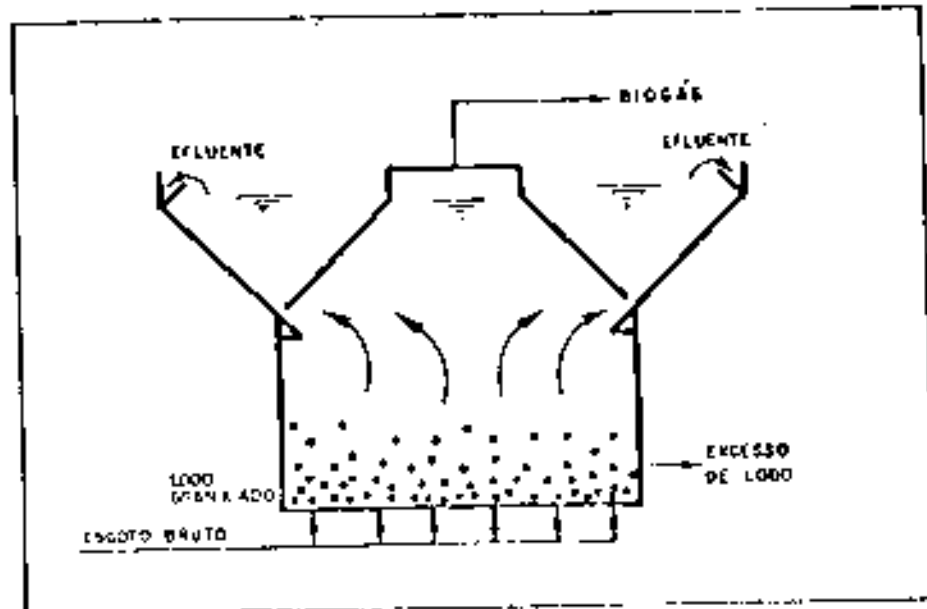


Figura 1 - Representação Esquemática do digestor anaeróbio de fluxo ascendente

como combustível de veículos automotores, sendo necessário submetê-lo, antes, a um processo de purificação e compressão. Esta utilização é indicada quando se dispõe de grandes quantidades de biogás para compensar o investimento dessas instalações.

Em um digestor anaeróbio de fluxo ascendente, o gás equivalente ao esgoto de 10 habitantes é suficiente para atender as necessidades de coção em fogão de 1 habitante, 1 NI² de biogás corresponde a 1,0 l de álcool, 0,75 l de diesel ou 0,92 l de gasolina.

Lodo

O lodo gerado no sistema já se encontra estabilizado e pode ser simplesmente decantado após desidratação em locais apropriados como os aterros sanitários.

Os processos mais utilizados para desidratação do lodo são:

- leito de secagem
- filtro prensa
- filtro à vácuo

O leito de secagem é utilizado quando se dispõe de áreas maiores, enquanto os filtros dispensam essa necessidade.

Pode-se também, aproveitar o lodo como fertilizante, procedendo-se à sua secagem e desinfecção e enriquecendo-o com sais minerais. Um processo de edificação do lodo para uso como fertilizante foi desenvolvido no Instituto de Pesquisas Tecnológicas de São Paulo.

COMPARAÇÃO ENTRE O DIGESTOR ANAERÓBIO DE FLUXO ASCENDENTE E OUTROS SISTEMAS DE TRATAMENTO DE ESGOTOS

Na escolha de um processo de tratamento para uma determinada condição, vários aspectos devem ser abordados. Nesse sentido é imperioso relacionar as vantagens e desvantagens do digestor anaeróbio de fluxo ascendente comparativamente a outros sistemas de tratamento de esgotos.

Vantagens do Processo de Digestor Anaeróbio de Fluxo Ascendente

- a) em relação aos processos de tratamento por lagos de estabilização
 - ocupa área muito menor que os lagos;
 - permite a solução do problema de esgotos para bacias de drenagem individualizadas, o que é mais difícil com os lagos de estabilização;
 - permite a recuperação da energia na forma de metano.
- b) em relação aos processos aeróbios de tratamento
 - não há necessidade de equipamentos eletromecânicos (exceto para a chegada de esgoto na estação);
 - baixo consumo energético;
 - produção de energia na forma de metano;
 - área ocupada bem menor, assim como o volume total dos tanques;
 - após o tratamento preliminar o processo se desenvolve em uma única unidade;
 - produz menor quantidade de lodo, dispensa o seu tratamento em separado e o lodo é mais facilmente desidratado;
 - manutenção e operação mais simples;

ENGENHARIA SANITÁRIA

- o processo opera bem mesmo após períodos sem alimentação;
- apresenta possibilidade de modulação das unidades, diminuindo os gastos com coletores, interceptores e emissários.

Desvantagens do Digestor Anaeróbio de Fluxo Ascendente

- a) em relação às lagoas de estabilização
- a operação e manutenção das lagoas de estabilização são extremamente simples, enquanto o digestor anaeróbio de fluxo ascendente requer certos cuidados;
 - a remoção de coliformes fecais em lagoas de estabilização é muito superior;
 - o efluente de lagoas facultativas é de melhor qualidade.
- b) em relação aos processos aeróbios de tratamento
- o efluente dos sistemas aeróbios é de melhor qualidade;
 - a remoção de organismos patogênicos é bastante pobre tanto para os processos aeróbios quanto para os digestores de fluxo ascendente, o que implica na necessidade de desinfecção desses efluentes quando lançados em águas utilizadas para recreação. No caso de tratamento anaeróbio, pela condição do efluente, o consumo de desinfetante é maior do que o necessário para os efluentes de tratamento aeróbio.

ESTÁGIO DO DESENVOLVIMENTO DA TECNOLOGIA

Diversos trabalhos realizados na CETCSB, demonstraram a viabilidade da Tecnologia (1, 2, 3, 4).

Um resumo das principais conclusões desses trabalhos a respeito dos parâmetros de projeto e processo do tratamento de esgotos por Digestor Anaeróbio de Fluxo Ascendente são mostrados nos quadros 1 e 2.

Uma vez verificada a viabilidade técnica do processo de tratamento e determinados os principais parâmetros de projeto e processo em laboratório, construiu-se na CETCSB, um digestor de fluxo ascendente e manto de lodo para o tratamento de esgotos domésticos, de 120 m³ de capacidade, para demonstração desta tecnologia.

O digestor está em operação desde dezembro de 1986 e tem as características apresentadas no Quadro 3. A figura 2 apresenta uma vista deste digestor.

Em três meses de operação o digestor apresentou 85% de remoção de DQO com tempo de detenção hidráulica de 14 horas. Ao final de 5 a 6 meses, que é o tempo previsto para entrada do pro-

Quadro 1

Resultados do tratamento de esgoto doméstico bruto por digestor Anaeróbio de Fluxo Ascendente durante seis meses.
Tempo de detenção hidráulica: 4 horas
Temperatura ambiente (reator: 23°C)

Parâmetros	Alim (mg/l)	Eff (mg/l)	Rem %
DBO _T	180	55	69
DOO _T	406	142	65
SS	101	60	69

Quadro 2

Principais características do Digestor Anaeróbio de Fluxo Ascendente tratando esgoto doméstico bruto

- tempo de detenção hidráulica: 3 a 6 horas
- volume do reator: 30 a 35 m³/1.000 hab.
- área ocupada pelo reator: base-6 a 7 m²/1.000 hab.
topo-13 a 15 m²/1.000 hab.
- eficiência de remoção de DBO: 70 a 80%
- Produção de biogás: 120 a 150 Nm³/biogás/kg DQO
(1 Nm³ biogás corresponde a 1,0 l de álcool ou 0,75 l de diesel)
- conteúdo de metano no biogás: 75 a 85%
- custo de instalação (biodigestor + caixa de areia + gradeamento) na faixa de 1,20 a 1,50 OTN/hab.

Quadro 3

Ficha Técnica do Digestor Anaeróbio de Fluxo Ascendente instalado na CETCSB para tratamento de esgoto doméstico

- Material: Aço Carbono revestido com epóxi
- Volume útil: 120 m³
- Capacidade de tratamento: 33 m³/h
- População atendida equivalente: 4.000 habitantes (para contribuição de 200 l esgoto/hab. dia)
- Capacidade de produção de biogás: 60 Nm³/dia, com 80% de CH₄ (para esgoto com DQO = 500 mg/l)
- Formato: circular, com decantadores tronco-cônicos
- Área de base: 21,2 m²
- Altura útil: 4,8 m
- Material e ar biodigerido: esgoto bruto, após gradeamento e desarenação, proveniente da ETE-Pinheiros da SABESP
- Posição: apoiado sobre o solo
- Temperatura de trabalho: ambiente

cesso em regime estival pretende-se atingir cerca de 4 horas de tempo de detenção mantendo-se a mesma eficiência de remoção.

Os resultados e considerações aqui apresentadas permitem concluir que a nova opção tecnológica possibilita o tratamento de esgotos de pequenas e grandes comunidades a nível secundário. A

simplicidade do sistema e a economia oriunda do baixo investimento para instalação, pequena área necessária e possibilidade de modulação, além da rentabilidade proveniente da geração de energia, viabilizam enormemente a aplicação desse processo para o tratamento de esgotos em diversas situações no país, preenchendo uma lacuna no leque de

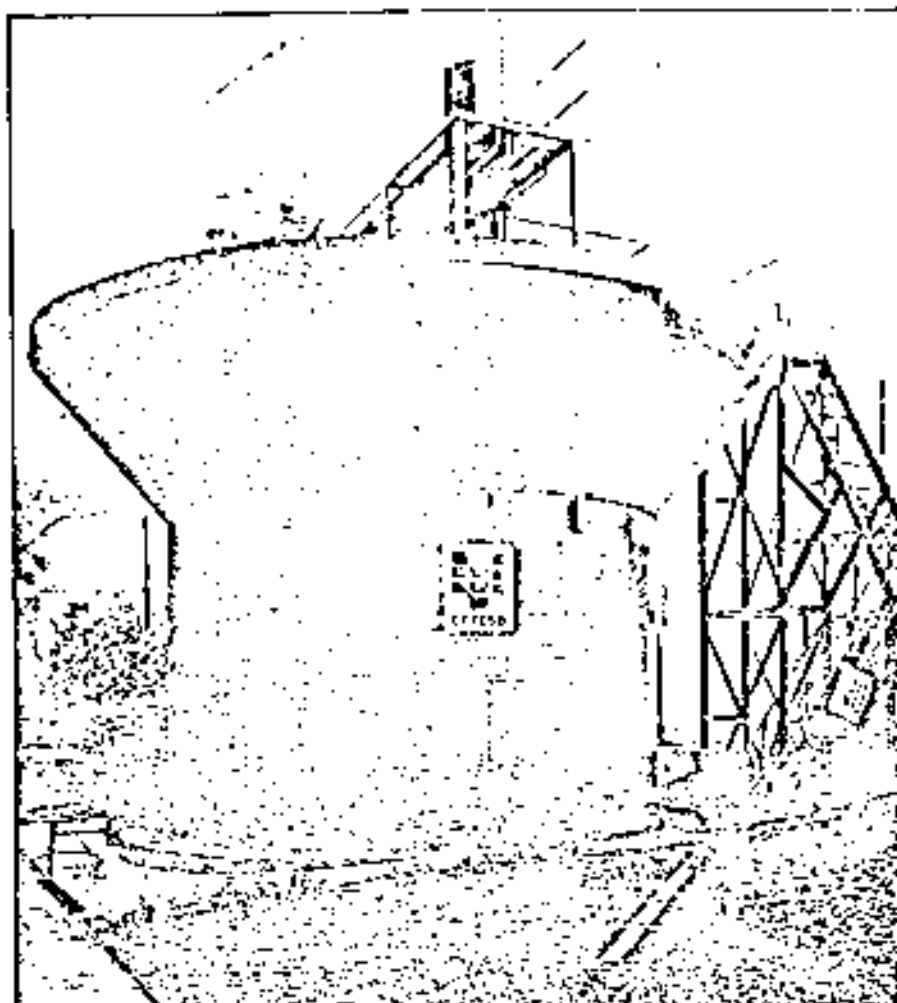


Figura 2 Digestor Anaeróbico de Fluxo Ascendente de 120 m³, instalado na EETFSB, para o tratamento de esgotos domésticos.

opções tecnológicas disponíveis até esta data. O sistema está em fase inicial de implantação já tendo sido elaborados projetos para cidades como Manaus no Amazonas, Barcarena no Pará, Ribeirão Pirés em São Paulo, entre outras.

Em princípio, o digestor anaeróbico de fluxo ascendente pode ser aplicado para o tratamento de esgotos tanto de grandes como de pequenas cidades. O sistema, se presta, por exemplo, para o tratamento de esgotos de conjuntos habitacionais, núcleos rurais, condomínios, loteamentos, etc. Em especial, o processo poderá ser empregado em grandes estações de tratamento nos centros urbanos, razão principal do desenvolvimento deste sistema.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- 1 - VIEIRA, S.M. - Tratamento de Esgotos por Digestores Anaeróbicos de Fluxo Ascendente. Rev. DAE 44 (129): 322-28, dez. 1984.
- 2 - SOUZA, M.E. e VIEIRA, S.M.M. - Uso do Reator UASB para tratamento de Esgoto Sanitário. Rev. DAE, 45 (145): 185-88, jun 1985.
- 3 - VIEIRA, S.M.M. e SOUZA, M.E. - Development of Technology for the use of UASB Reactor in Domestic Sewage Treatment. Seminário Internacional sobre Tratamento Anaeróbico em Países Tropicais. São Paulo, 25-29 de agosto de 1985. Em impressão no Journal Water Science and Technology 18:12 pp 109-121.
- 4 - SOUZA, M.E. - Critérios for the Utilization, design and Operation of WASB Reactors. Seminário Internacional sobre Tratamento Anaeróbico em Países Tropicais. São Paulo, 25-29 de agosto de 1985. Em impressão no Journal Water Science and Technology 18:12 pp 65-69.