3.9. Soluções Coletivas para Tratamento e Destinação Final dos Esgotos

À medida que as comunidades e a concentração humana tornam-se maiores, as soluções individuais para remoção e destino do esgoto doméstico devem dar lugar às soluções de caráter coletivo denominadas sistema de esgotos.

3.9.1. Tipos de Esgotos

- **Esgotos Domésticos:** incluem as águas contendo matéria fecal e as águas servidas, resultantes de banho e de lavagem de utensílios e roupas;
- **Esgotos Industriais:** compreendem os resíduos orgânicos, de indústria de alimentos, matadouros, etc; as águas residuárias agressivas, procedentes de indústrias de metais etc; as águas residuárias procedentes de indústrias de cerâmica, água de refrigeração, etc;
- **Águas Pluviais:** são as águas procedentes das chuvas;
- **Água de Infiltração:** são as águas do subsolo que se introduzem na rede.

3.9.2. Tipos de Sistemas

- **Sistema Unitário**

Consiste na coleta de águas pluviais, dos esgotos domésticos e dos despejos industriais em um único coletor.

Além da vantagem de permitir a implantação de um único sistema, é vantajoso quando for previsto o lançamento do esgoto bruto, sem inconveniente em um corpo receptor próximo.

No dimensionamento do sistema deve ser previstas as precipitações máximas com período de recorrência geralmente entre cinco e dez anos.

Como desvantagem, apresenta custo de implantação elevado e problemas de deposições de material nos coletores por ocasião da estiagem.

Quanto ao tratamento, o custo de implantação é também elevado tendo em vista que a estação deve ser projetada com capacidade máxima que , no sistema unitário, ocorre durante as chuvas. Outrossim, a operação é prejudicada pela brusca variação da vazão na época das chuvas, afetando do mesmo modo a qualidade do efluente.

- **Sistema Separador Absoluto**

Neste sistema, o esgoto doméstico e o industrial ficam completamente separados do esgoto pluvial. É o sistema adotado no Brasil.

O custo de implantação é menor que o do sistema anterior, em virtude das seguintes razões:

- as águas pluviais não oferecem o mesmo perigo que o esgoto doméstico, podendo ser encaminhadas aos corpos receptores (rios, lagos, etc.) sem tratamento; este será projetado apenas para o esgoto doméstico;
- nem todas as ruas de uma cidade necessitam de rede de esgotamento pluvial. De acordo com a declividade das ruas, a própria sarjeta se encarregará do escoamento, reduzindo assim, a extensão da rede pluvial;

- esgoto doméstico deve ter prioridade, por representar um problema de saúde pública. O diâmetro dos coletores é mais reduzidos;
- nem todo esgoto industrial pode ser encaminhado diretamente ao esgoto sanitário. Dependendo de sua natureza e das exigências regulamentares, terá que passar por tratamento prévio ou ser encaminhado à rede própria.

- **Sistema Misto**

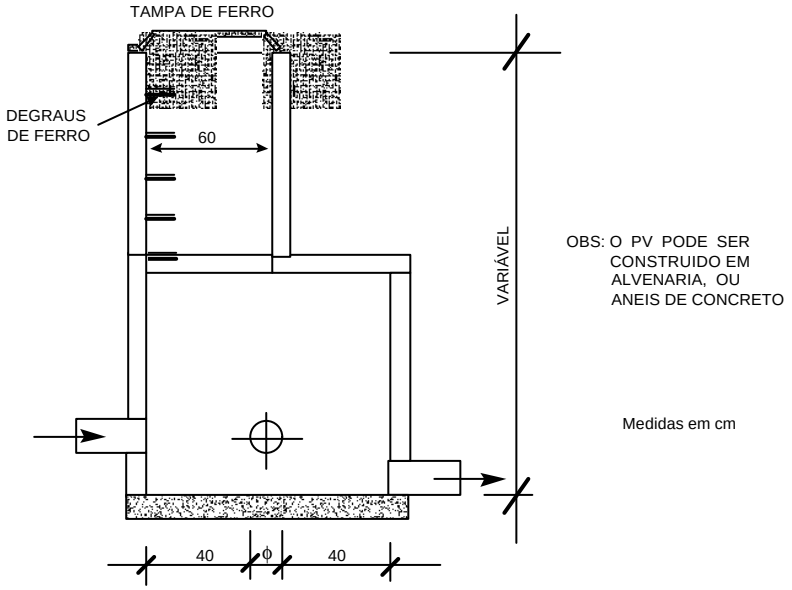
A rede é projetada para receber o esgoto sanitário e mais uma parcela das águas pluviais. A coleta dessa parcela varia de um país para outro. Em alguns países colhe-se apenas as águas dos telhados; em outros, um dispositivo colocado nas bocas de lobo recolhe as águas das chuvas mínimas e limita a contribuição das chuvas de grande intensidade.

3.9.3. Sistema Público Convencional

3.9.3.1. Partes Constitutivas do Sistema

- **Ramal Predial:** são os ramais que transportam os esgotos das casas até a rede pública de coleta;
- **Coletor de Esgoto:** recebem os esgotos das casas e outras edificações, transportando-os aos coletores tronco;
- **Coletor Tronco:** tubulação da rede coletora que recebe apenas contribuição de esgoto de outros coletores;
- **Interceptor:** os interceptores correm nos fundos de vale margeando cursos d'água ou canais. São responsáveis pelo transporte dos esgotos gerados na sub-bacia, evitando que os mesmos sejam lançados nos corpos d'água. Geralmente possuem diâmetro maiores que o coletor tronco em função de maior vazão;
- **Emissário:** são similares aos interceptores, diferenciando apenas por não receber contribuição ao longo do percurso;
- **Poços de Visita (PV):** são câmaras cuja finalidade é permitir a inspeção e limpeza da rede. Os locais mais indicados para sua instalação são:
  - inicio da rede;
  - nas mudanças de: (direção, declividade, diâmetro ou material), nas junções e em trechos longos. Nos trechos longos a distância entre PV`s deve ser limitada pelo alcance dos equipamentos de desobstrução.

Figura 94 – Poço de Visita



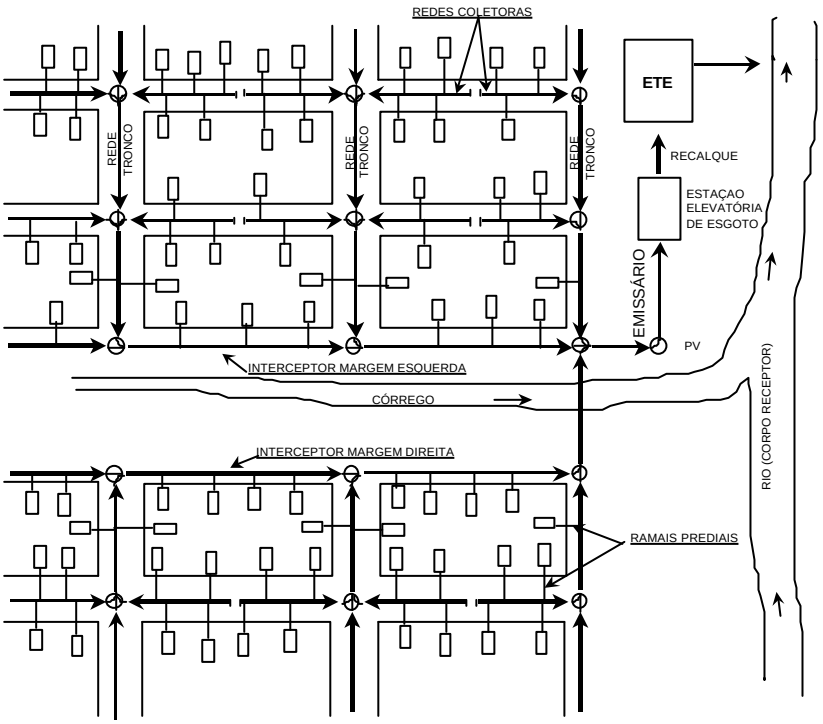
- **Elevatória:** quando as profundidades das tubulações tornam-se demasiadamente elevadas, quer devido à baixa declividade do terreno, quer devido à necessidade de se transpor uma elevação, torna-se necessário bombear os esgotos para um nível mais elevado. A partir desse ponto, os esgotos podem voltar a fluir por gravidade.

- **Estação de Tratamento de Esgotos (ETE):** a finalidade da ETE é a de remover os poluentes dos esgotos, os quais viriam causar uma deterioração da qualidade dos cursos d'água. Um sistema de esgotamento sanitário só pode ser considerado completo se incluir a etapa de tratamento. A estação de tratamento de esgoto (ETE), pode dispor de alguns dos seguintes itens, ou todos eles:

  - grade;
  - desarenador;
  - sedimentação primária;
  - estabilização aeróbica;
  - filtro biológico ou de percolação
  - lodos ativados;
  - sedimentação secundária;
  - digestor de lodo;
  - secagem de lodo;
  - desinfecção do efluente.

- **Disposição Final:** após o tratamento, os esgotos podem ser lançados ao corpo d'água receptor ou, eventualmente, aplicados no solo. Em ambos os casos, há que se levar em conta os poluentes eventualmente ainda presentes nos esgotos tratados, especialmente organismos patogênicos e metais pesados. As tubulações que transportam estes esgotos são também denominadas **emissário**.

Figura 95 - Partes Constitutivas do Sistema Convencional



Fonte: Adaptado BARROS, 1995

3.9.4. Sistema Condominial

O sistema condominial de esgotos é uma solução eficiente e econômica para esgotamento sanitário desenvolvida no Brasil na década de 1980. Este modelo se apoia, fundamentalmente, na combinação da participação comunitária com a tecnologia apropriada. Esse sistema proporciona uma economia de até 65% em relação ao sistema convencional de esgotamento, graças às menores extensão e profundidade da rede coletora e à concepção de micro-sistemas descentralizados de tratamento.

O nome Sistema Condominial é em função de se agregar o quarteirão urbano com a participação comunitária, formando o condomínio, semelhante ao que ocorre num edifício de apartamentos (vertical); dele se distingue, todavia, por ser informal quanto à sua organização e por ser horizontal do ponto de vista físico.

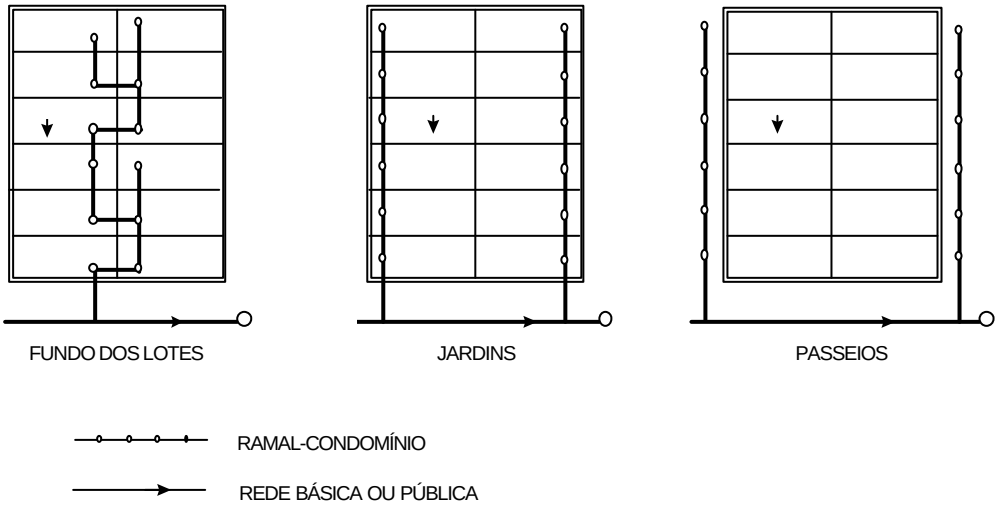
Desse modo, a rede coletora básica ou pública apenas tangencia o quarteirão-condomínio ao invés de circundá-lo como no sistema convencional. As edificações são conectadas a essa rede pública por meio de ligação coletiva ao nível do condomínio (Ramal condominial), cuja localização, manutenção e, às vezes, a execução são acordadas coletivamente, no âmbito de cada condomínio e com o prestador do serviço, a partir de um esquema de divisão de responsabilidade entre a comunidade interessada e o poder público.

3.9.4.1. Partes Constitutivas do Sistema

- **Ramal Condominial:** rede coletora que reúne os efluentes das casas que compõem um condomínio e pode ser:

  - **De Passeio:** quando o ramal condominial passa fora do lote, no passeio em frente a este à aproximadamente 0,70m de distância do muro;
  - **De Fundo de Lote:** quando o ramal condominial passa por dentro do lote, no fundo deste. Esta é a alternativa de menor custo pois desta maneira é possível esgotar todas as faces de um conjunto com o mesmo ramal;
  - **De Jardim:** quando o ramal condominial passar dentro do lote, porém na frente do mesmo.

Figura 96 - Tipos Mais Comuns de Ramal Condominial



Fonte: CAESB, 1997

- **Rede Básica:** rede coletora que reúne os efluentes da última caixa de inspeção de cada condomínio, passando pelo passeio ou pela rua;
- **Unidade de Tratamento:** a cada micro-sistema corresponde uma estação para tratamento dos esgotos, que pode ser o tanque séptico com filtro anaeróbio.

3.9.4.2. Fases de Elaboração do Projeto do Ramal Condominial

- **Croqui**

A primeira fase do processo de execução do ramal condominial é a elaboração do croqui do conjunto, assinalando a posição das casas e fossas de cada lote. De posse do croqui, definir a melhor opção que atende o conjunto, considerando os seguintes aspectos:

- face mais baixa dos lotes (topografia);
- localização do maior número de fossas;
- disponibilidade de área livre para passagem do ramal nos lotes.

- **Reunião com a Comunidade**

De posse do pré-lançamento dos ramais nos croquis, são realizadas reuniões com os moradores de cada conjunto, onde são apresentadas as possíveis opções para o atendimento do mesmo, sendo, dos moradores a decisão final sobre o tipo de ramal a ser implantado.

- **Topografia**

Com a opção definida, inicia-se o levantamento topográfico, o que é feito por conjunto e por tipo de ramal, onde a unidade considerada é o lote. Esse levantamento é executado com mangueira de nível e deve definir:

- profundidade da ligação predial de cada lote;
- um RN (referencial) para cada inspeção (geralmente marcado num poste);
- uma caixa de inspeção (CI) para cada lote;
- cota do terreno de todas as CI's e Tês;
- CI no início do ramal de passeio;
- CI externa, na saída dos ramais para ligação com PV (poço de visita), quando necessário;
- lançamento das CI's externas o mais próximo possível dos muros garantindo que fiquem protegidas, ao máximo, de tráfego de veículos;
- demarcação dos ramais a aproximadamente 0,70m do muro dos lotes;
- localização de CI na direção da ligação predial do morador;
- desviar as CI's das entradas de garagens ou no mínimo da faixa de passagem dos pneus do carro para evitar quebra das mesmas.

- **Projeto do Ramal Condominial**

Na elaboração do projeto executivo, deve-se garantir que o morador seja atendido pelo ramal e que este tenha lançamento favorável em pelo menos um ponto da rede básica ou pública. Para tanto deve ser previsto:

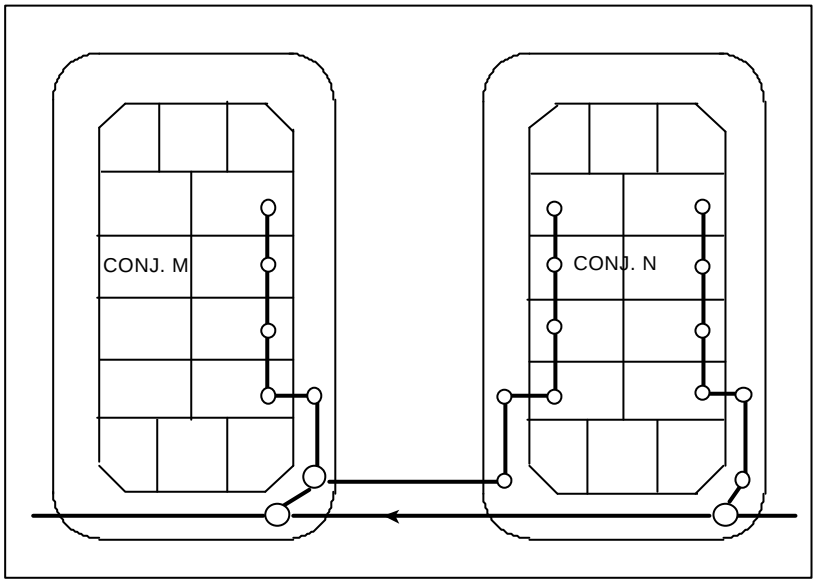
- profundidade mínima da CI abaixo da cota da ligação predial do morador;
- profundidade e declividade mínima do ramal em função do item anterior e nunca menor que 0,5%;

- evitar desvio do ramal;
- ligação da CI ao ramal de passeio através de um Tê;
- CI's intermediárias para o ramal de passeio a cada 50m;
- lançamento da ramal condominial na almofada do PV, formando uma canaleta de seção mínima de 50% da tubulação;
- sempre que possível será eliminada a última CI dos ramais, sendo estes, ligados direto a rede básica ou pública.

Nos casos em que não estão previstos CI's para ligação do ramal o mesmo será ligado a última CI do outro ramal, evitando uma entrada a mais na CI da rede pública, já que esta terá número limitado de entradas.

- a última CI do ramal será de diâmetro de 0,60m somente quando a profundidade for maior que 0,90m e quando houver interligação de mais de um ramal;
- todas as ligações dos ramais à rede pública serão em CI's ou PV's e em sentido do fluxo;
- a profundidade da última CI quando houver interligação entre ramais, com corte de pista, será de 1 metro;
- as redes no passeio, inclusive a ligação a rede pública, será de PVC.

Figura 97 - Ligação de Dois Ramais de Conjuntos Diferentes Numa Mesma CI.



Fonte: CAESB, 1997

- **Considerações para Projeto**

Na realidade a rede pública é uma rede convencional do ponto de vista hidráulico, portanto deveria ser dimensionada em conformidade com as recomendações técnicas usuais.

- **Diâmetros Mínimo**

As redes coletoras do sistema convencional adotavam o diâmetro mínimo de 150mm apesar das normas vigentes não colocarem nenhuma restrição quanto a utilização do diâmetro de 100mm, **desde que atenda ao dimensionamento hidráulico.**

Quadro 11 - Diâmetro Mínimo

Tipo de Rede	Diâmetro Mínimo
Ramal Condominial	100mm
Rede Básica ou Pública	100mm

- **Recobrimentos Mínimo**

No sistema convencional, usualmente as redes coletoras localizam-se no terço médio mais baixo das ruas. Já no sistema condominial este procedimento é evitado e procura-se sempre que possível lançar as redes no passeio, fora das ruas pavimentadas onde há tráfego de veículos. Com isso é permitido reduzirmos o recobrimento das tubulações sem contudo oferecer riscos de rompimento das mesmas e também sem ferir as recomendações das normas vigentes que são:

Quadro 12 - Recobrimento Mínimo

Localização do Coletor	Recobrimento Mínimo
No leito de via de tráfego	0,90m
No passeio	0,65m

- **Profundidade Mínima**

A profundidade mínima da tubulação deve ser tal que permita receber os efluentes por gravidade e proteger a tubulação contra tráfego de veículos e outros impactos. No caso do ramal condominial, a profundidade mínima será aquela que esteja abaixo da cota de ligação predial do morador, garantindo que este seja atendido.

De forma a se obter o menor volume de escavação, deve-se adotar sempre que possível a declividade da tubulação igual as do terreno e a profundidade da rede será mantida igual a mínima sempre que a declividade do terreno for superior a declividade mínima.

Quadro 13 - Profundidade Mínima Adotada

Tipo de Rede	Profundidade Mínima
Ramal condominial de passeio	0,70m
Ramal condominial de jardim	0,40m
Ramal condominial de fundo de lote	0,40m
Rede pública no passeio	0,80m
Rede pública na rua	1,00m

- **Elementos de Inspeção**

Tem como objetivo permitir o acesso de homens ou equipamentos às redes, para proceder a limpeza e a desobstrução. No sistema condominial os elementos utilizados são:

- Caixa de inspeção com diâmetro ou largura de 0,40m:

  a) uma dentro de cada lote para efetuar a ligação predial quando a profundidade do coletor for até 0,90m;

b) no ramal condominial para mudança de direção;
c) no ramal de passeio poderá substituir o diâmetro da caixa de 0,60m quando a profundidade da mesma for até 0,90m.

- Caixa de inspeção com diâmetro ou largura de 0,60m:

a) na rede básica ou pública em substituição aos PV's sempre que a profundidade do coletor for até 1,20m e estiver no passeio;
b) nos ramais condominiais de passeio a cada 50m ou fração, quando a profundidade do coletor for de 0,90m até 1,20m;
c) no final de cada conjunto residencial antes de interligar o ramal condominial interno a rede básica, sempre que houver interseção de ramais;
d) dentro de cada lote substituindo as CI's de 0,40m, quando a profundidade for de 0,90m até 1,20m;
e) nos ramais condominiais de passeio para mudança de direção, quando a profundidade do coletor for de 0,90m até 1,20m;
f) uma no meio de cada conjunto, nos ramais condominiais de passeio, quando a profundidade do coletor for de 0,90m até 1,20m.

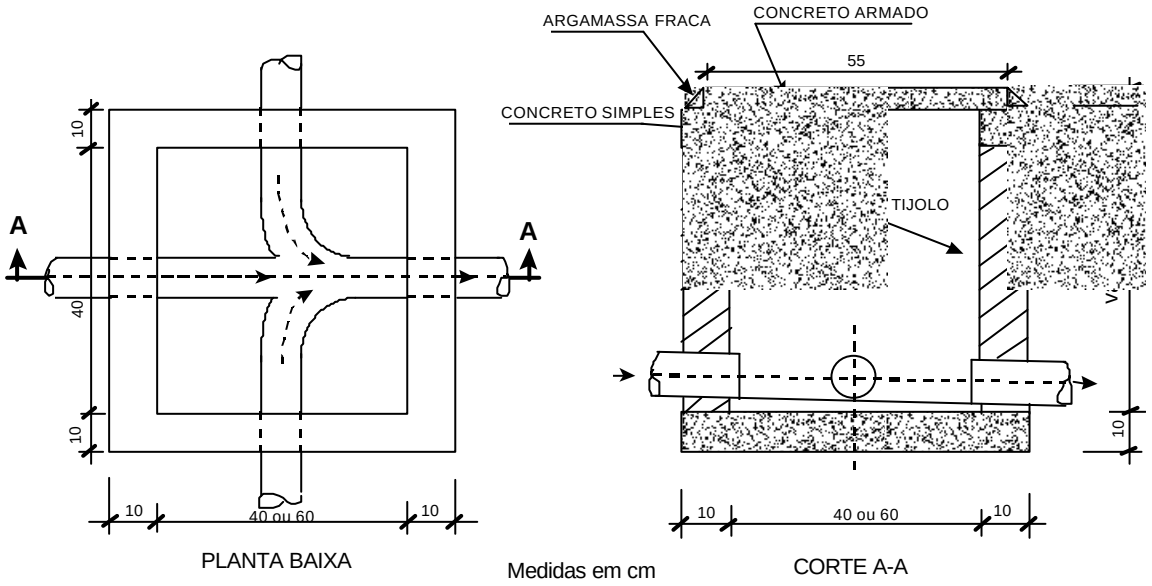
- Poços de visita com diâmetro ou largura de 1,00m:

a) na reunião de dois ou mais trechos de coletores públicos;
b) em locais de mudança de direção e de declividade do coletor;
c) ao longo da rede pública a cada 80m ou fração;
d) no início da rede.

- **Caixa de Inspeção**

As medidas da caixa de inspeção podem ser de diâmetro ou largura de 40 ou 60cm.

Figura 98 - Caixa de inspeção largura de 40 ou 60cm



3.9.5. Tratamento dos Esgotos

3.9.5.1. Tanque Séptico

3.9.5.1.1. Histórico

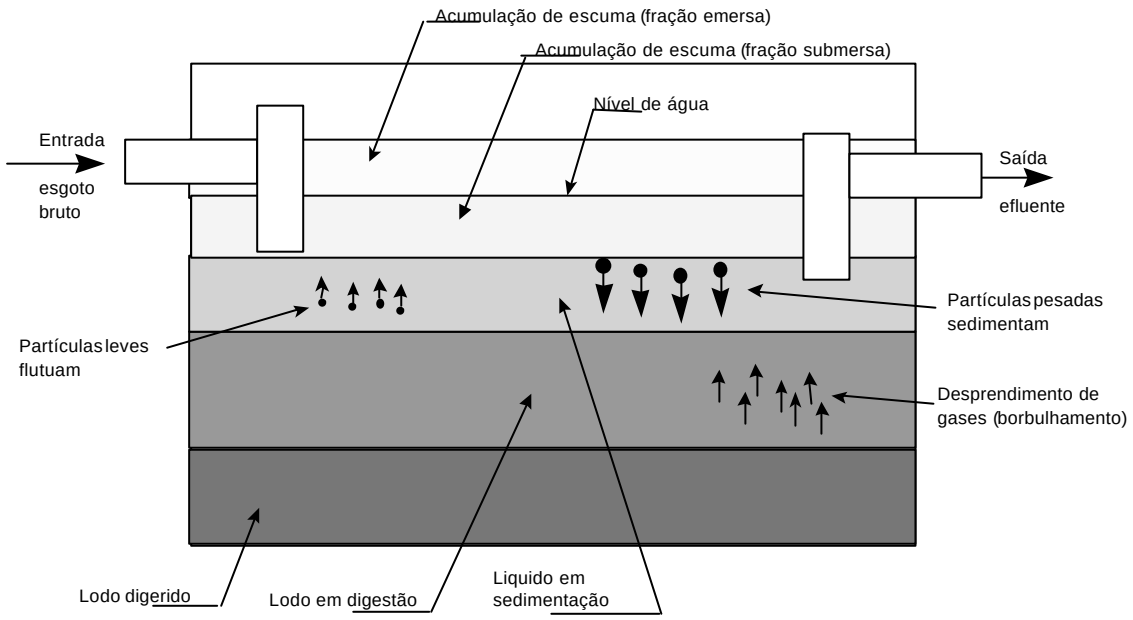
Os registros de caráter históricos apontam como inventor do Tanque séptico "Jean Louis Mouras" que, em 1860, construiu, na França, um tanque de alvenaria, onde passava os esgotos, restos de comida e águas pluviais, antes de ir para o sumidouro. Este tanque, fora aberto 12 anos mais tarde e não apresentava acumulada a quantidade de sólidos que foi previamente estimada em função da redução apresentada no efluente líquido do tanque.

3.9.5.1.2. Definição

Os Tanque Sépticos são câmaras fechadas com a finalidade de deter os despejos domésticos, por um período de tempo estabelecido, de modo a permitir a decantação dos sólidos e retenção do material graxo contido nos esgotos transformando-os bioquímicamente, em substâncias e compostos mais simples e estáveis. Supondo-se uma vazão do esgoto de 150 l/dia o Tanque Séptico poderá ser empregado para tratamento a nível primário de até, um máximo de 500 habitantes . Economicamente o tanque séptico é recomendado para até 100 habitantes. Esse sistema requer que as residências disponham de suprimento de água.

3.9.5.1.3. Funcionamento

Figura 99 - Funcionamento Geral de um Tanque Séptico



Fonte: ABNT-NBR – 7229/93

- **Retenção:** o esgoto é detido na fossa por um período racionalmente estabelecido, que pode variar de 12 a 24 horas, dependendo das contribuições afluentes, (**Tabela 13**);
- **Decantação:** simultaneamente à fase de retenção, processa-se uma sedimentação de 60 a 70% dos sólidos em suspensão contidos nos esgotos, formando-se o 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 do tanque séptico, denominados de escuma;
- **Digestão:** tanto o lodo como a escuma são atacados por bactérias anaeróbias, provocando uma destruição total ou parcial de organismos patogênicos;

- **Redução de Volume:** da digestão, resultam gases, líquidos e acentuada redução de volume dos sólidos retidos e digeridos, que adquirem características estáveis capazes de permitir que o efluente líquido do tanque séptico possa ser lançado em melhores condições de segurança do que as do esgoto bruto.

3.9.5.1.4. Afluentes do Tanque Séptico

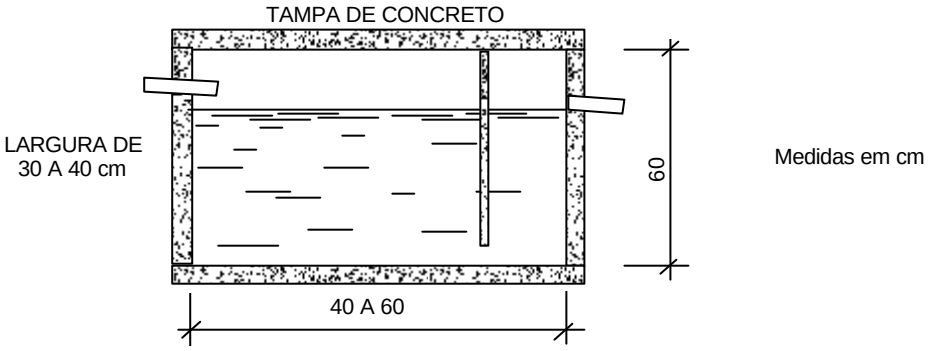
O tanque séptico é projetado para receber todos os despejos domésticos (de cozinhas, lavanderias domiciliares, lavatórios, vasos sanitários, bidês, banheiros, chuveiros, mictórios, ralos de piso de compartimento interior, etc.). **É recomendado a instalação de caixa de gordura na canalização que conduz despejos das cozinhas para o tanque séptico.**

São vetados os lançamentos de qualquer despejo que possam causar condições adversas ao bom funcionamento dos tanques sépticos ou que apresentam um elevado índice de contaminação.

- **Caixa de Gordura**

As águas servidas, destinadas aos tanques sépticos e ramais condominiais, devem passar por uma caixa especialmente construída com a finalidade de reter as gorduras. Essa medida tem por objetivo prevenir a colmatação dos sumidouros e obstrução dos ramais condominiais.

Figura 100 - Caixa de Gordura



3.9.5.1.5. Dimensionamento (ABNT - NBR 7229/93)

- Fórmula para tanque séptico de uma câmara

$$V = 1000 + N (C.T + K.Lf)$$

V = Volume útil, em litros
N = Número de pessoas ou unidades de contribuição
C = Contribuição de despejos, em litro/pessoa x dia ou em litro/unidade x dia (**Tabela 13**)
T = Período de detenção, em dias (**Tabela 14**)
K = Taxa de acumulação de lodo digerido em dias, equivalente ao tempo de acumulação de lodo fresco (**Tabela15**)
Lf = Contribuição de lodo fresco, em litro/pessoa x dia ou em litro/unidade x dia ou em litro/unidade x dia (**Tabela 13**)

Tabela 13 - Contribuição Diária de Esgoto (C) e de Lodo Fresco (Lf) Por Tipo de Prédio e de Ocupante

P r é d i o	**Unidade**	**Contribuição de Esgoto (C)**	**Contribuição de Lodo Fresco (Lf)**
1 . Ocupantes Permanentes			
• Residência:			
- Padrão alto;	pessoa/litros	160	1
- Padrão médio;	pessoa/litros	130	1
- Padrão baixo;	pessoa/litros	100	1
• Alojamento provisório.	pessoa/litros	80	1
2. Ocupantes Temporários			
• Fábrica em geral;	pessoa/litros	70	0,3
• Escritório;	pessoa/litros	50	0,2
• Edifícios públicos ou comerciais;	pessoa/litros	50	0,2
• Escola (externatos) e locais de	pessoa/litros	50	0,2
longa permanência;	pessoa/litros	6	0,1
• Bares;	refeições	25	0,1
• Restaurantes e similares;			
• Cinema teatros e locais de	lugar	2	0,02
curta permanência;	vaso	480	4
Sanitários públicos*.			

(*) Apenas de acesso aberto ao público (estação rodoviária, ferroviária, logradouro publico, estádio, etc.).
Fonte: ABNT-NBR – 7229/93

Tabela 14 - Período de Detenção (T) dos Despejos, por Faixa de Contribuição Diária

Contribuição Diária (L)	**Tempo de Detenção (T)**	
	Dias	**Horas**
Até 1500	1,00	24
De 1501 a 3000	0,92	22
De 3001 a 4500	0,83	20
De 4501 a 6000	0,75	18
De 6001 a 7500	0,67	16
De 7501 a 9000	0,58	14
Mais que 9000	0,5	12

Fonte: ABNT-NBR – 7229/93

Tabela 15 - Taxa de Acumulação Total de Lodo (K), em Dias, por Intervalo entre Limpezas e Temperatura do Mês mais Frio

Intervalo Entre Limpezas (Anos)	Valores de K por Faixa de Temperatura Ambiente (t), em °C		
	t < 11	10 < t > 21	t > 20
1	94	65	57
2	134	105	97
3	174	145	137
4	214	185	177
5	254	225	217

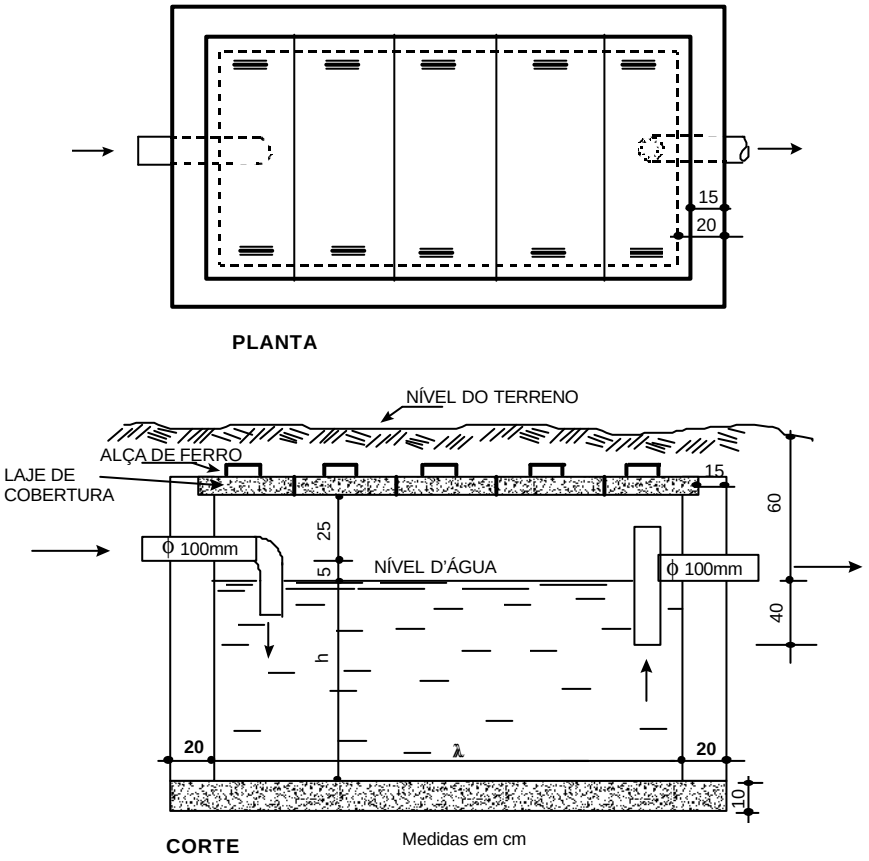
Fonte: ABNT-NBR – 7229/93

Tabela 16 - Profundidade Útil Mínima e Máxima por Faixa de Volume Útil

Volume Útil (m^3)	Profundidade Útil Mínima (m)	Profundidade Útil Máxima (m)
Até 6,0	1,20	2,20
De 6,0 a 10,0	1,50	2,50
Mais de 10,0	1,80	2,80

Fonte: ABNT-NBR – 7229/93

Figura 101 - Tanque Séptico Prismático



3.9.5.1.6. Disposição do Efluente Líquido dos Tanques Sépticos

O efluente líquido é potencialmente contaminado, com odores e aspectos desagradáveis, exigindo, por estas razões, uma solução eficiente de sua disposição.

Entre os processos eficientes e econômicos de disposição do efluente líquido das fossas têm sido adotados os seguintes tipos:

- diluição (corpos d'água receptores): para o Tanque Séptico a proporção é de 1:300;
- sumidouro;
- vala de infiltração e filtração;
- filtro de areia;
- filtro anaeróbio.

A escolha do processo a ser adotado deve considerar os seguintes fatores:

- natureza e utilização do solo;
- profundidade do lençol freático;
- grau de permeabilidade do solo;
- utilização e localização da fonte de água de subsolo utilizada para consumo humano;
- volume e taxa de renovação das água de superfície.

3.9.5.1.7. Disposição do Efluente Sólido

A parte sólida retida nas fossas sépticas (lodo) deverá ser renovada periodicamente, de acordo com o período de armazenamento estabelecido no cálculo destas unidades. A falta de limpeza no período fixado acarretará diminuição acentuada da sua eficiência.

Pequeno número de tanque séptico instalados e de pouca capacidade não apresentam problemas para a disposição do lodo. Nestes casos, o lançamento no solo, a uma profundidade mínima de 0,60m, e mesmo em rios, poderá ser uma solução, desde que o local escolhido não crie um problema sanitário.

Quando o número de tanque séptico for bastante grande ou a unidade utilizada é de grande capacidade, o lodo não poderá ser lançado no solo e nem nos rios, mas sim encaminhado para um leito de secagem.

3.9.5.1.8. Eficiência

A eficiência do tanque séptico é normalmente expressa em função dos parâmetros comumente adotados nos diversos processos de tratamento. Os mais usados são: Sólidos em suspensão e Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO). As quantidades de cloretos, nitrogênio amoniacal, material graxo e outras substâncias podem interessar em casos particulares, **Quadro 14**.

- **Sólidos em Suspensão**

O tanque séptico, projetado e operado racionalmente, poderá obter redução de sólidos em suspensão em torno de **60%.**

- **Demanda bioquímica de oxigênio (DBO)**

A remoção de DBO poderá ser da ordem de:

- vazão em torno de 2000 l/dia - 35 a 61%;
- vazão em torno de 1000 l/dia - 49 a 60%.

- **Influência de Outras Substâncias**

Os esgotos contendo sabões nas proporções normalmente utilizadas, de 20 a 25mg/l, não prejudicam o sistema. No entanto, sob nenhum propósito deverá ser lançado, nos tanques, soluções de soda cáustica, que além da interferência em sua eficiência, provocará a colmatação dos solos argilosos.

Estudos realizados demonstraram não haver qualquer evidência de que os detergentes usualmente utilizados nas residências, nas proporções em que normalmente encontradas nos esgotos, possam ser nocivos para o funcionamento dos tanque sépticos.

Quadro 14 - Eficiência das Unidades de Tratamento

Unidades de Tratamento	Eficiência na Remoção de DBO
• tanque séptico de câmara única ou de câmaras sobrepostas.	30 a 50%
• tanque séptico de câmaras em série.	35 a 65%
• valas de filtração.	75 a 95%
• filtro anaeróbio.	70 a 90%

3.9.5.1.9. Operação e Manutenção

- para que ocorra um bom funcionamento, o tanque séptico, antes de entrar em operação, deve ser enchido com água a fim de detectar possíveis vazamentos;
- a remoção do lodo deve ocorrer de forma rápida e sem contato do mesmo com o operador. Para isso recomenda-se a introdução de um mangote, através da tampa de inspeção, para sucção por bombas;
- as valas de filtração ou de infiltração e os sumidouros devem ser inspecionados semestralmente;
- havendo a redução da capacidade de absorção das valas de filtração, infiltração e sumidouros, novas unidades deverão ser construídas;
- tanto o tanque séptico como o sumidouro, quando abandonados, deverão ser enchidos com terra ou pedra.

- **Procedimentos Práticos para a Manutenção**

- para a limpeza do tanque séptico, escolher dias e horas em que o mesmo não recebe despejos;
- abrir a tampa de inspeção e deixar ventilar bem. Não acender fósforo ou cigarro, pois o gás acumulado no interior do tanque séptico é explosivo;
- levar para o local, onde o tanque séptico esta instalado, um carrinho sobre o qual está montada uma bomba diafragma, para fluídos, de diâmetro de 75 a 100mm na sucção, manual ou elétrica;

- mangote será introduzido diretamente na caixa de inspeção ou tubo de limpeza quando existir;
- lodo retirado progressivamente do tanque séptico será encaminhado para um leito de secagem ou para um carro-tanque especial que dará o destino sanitariamente adequado;
- se o lodo do tanque séptico ficar endurecido, adicionar água e agitar com agitador apropriado;
- no fim dessa operação, fazer a higienização do local e equipamentos utilizados.

3.9.5.2. Filtro Anaeróbio

3.9.5.2.1. Histórico

Aparentemente nova, a solução é considerada uma das mais antigas e surgiu simultaneamente a evolução dos filtros biológicos convencionais. É importante no entanto informar que a aplicação racional dos filtros anaeróbios teve maior divulgação a partir das experiências realizados nos Estados Unidos da América , por Perry L. Mc Carty em 1963, 1966 e 1969. No Brasil a escola de engenharia de São Carlos, da Universidade de São Paulo, confirmou em 1977 a eficiência do filtro , já obtida por Mc Carty, realizando experiências em unidades pilotos.

3.9.5.2.2. Definição

O filtro anaeróbio (formado por um leito de brita n° 4) está contido em um tanque de forma cilíndrica ou prismática de seção quadrada, com fundo falso para permitir o escoamento de efluente do tanque séptico.

3.9.5.2.3. Processo

O filtro anaeróbio é um processo de tratamento apropriado para o efluente do tanque séptico, por apresentar resíduos de carga orgânica relativamente baixa e concentração pequena de sólidos em suspensão.

As britas n° 4 (50 a 76mm), reterão em sua superfície as bactérias anaeróbias (criando um campo de microrganismo), responsáveis pelo processo biológico, reduzindo a Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO) **Quadro 14**.

3.9.5.2.4. Dimensionamento

A NBR-7229/93, preconiza para dimensionamento as seguintes fórmulas:

- **Volume útil (V)**

$$V = 1{,}60 \,.\, N.C.T$$

onde:

V = Volume útil (meio filtrante);
N = N^o de contribuintes;
C = Contribuição de despejo, em l/pessoa x dia

T = Período de detenção, em dias (**Tabela 14**)

- **Seção Horizontal (S)**

$$S = \frac{V}{1,80}$$

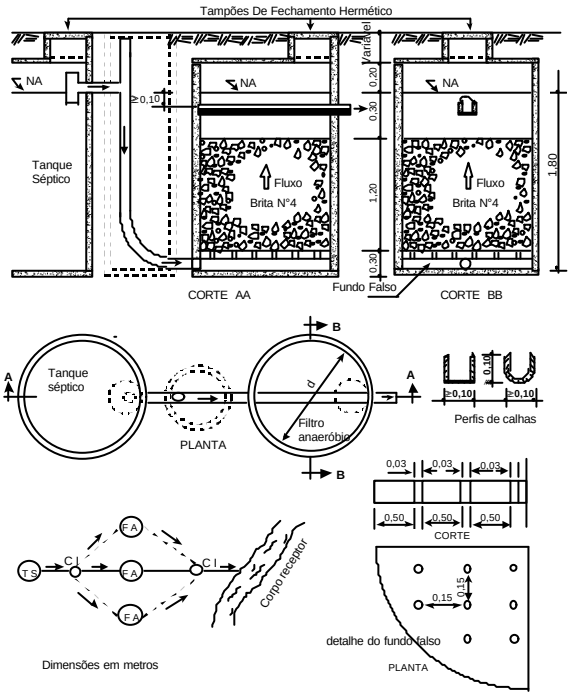
onde:

V = Volume útil calculado em m^3
S = Área da seção horizontal em m^2

- **Aspectos a Serem Observados na Construção do Filtro Anaeróbio**

  - o tanque tem que ter forma cilíndrica ou quadrada com fundo falso;
  - leito filtrante (brita n° 4) deve ter altura (a) igual a 1,20m, que é constante para qualquer volume obtido no dimensionamento;
  - a profundidade útil (h) do filtro anaeróbio é de 1,80m para para qualquer volume de dimensionamento;
  - diâmetro (d) mínimo é de 0,95m ou a largura (L) mínima de 0,85m;
  - diâmetro (d) máximo e a largura (L) não devem exceder três vezes a profundidade útil (h);
  - volume útil mínimo é de 1250 litros;
  - a carga hidrostática mínima é no filtro de 1 kPa (0,10m); portanto, o nível da saída do efluente do filtro deve estar 0,10m abaixo do nível de saída do tanque séptico;
  - fundo falso deve ter aberturas de 0,03m, espaçadas em 0,15m entre si.

Figura 102 - Filtro Anaeróbio



3.9.5.2.5. Eficiência

A ABNT considera que os filtros anaeróbios de fluxo ascendente são capazes de remover do efluente do tanque séptico de 70 a 90% da DBO (**Quadro 14**). A eficiência dos filtros só poderá ser constatada 3 meses após o início da operação que é o tempo necessário para o bom funcionamento do mesmo.

3.9.5.2.6. Operação e Manutenção

Para a limpeza do filtro recomenda-se retirar o lodo esvaziando o filtro pela base e escoando a água pelo topo (calha).

A retirada do lodo da base é feita por sucção e a lavagem do filtro é feita por injeção de água, através do tê instalado no tubo que leva o efluente do tanque séptico para o filtro, (**Figura 102**).

3.9.5.3. Destino do Efluente do Tanque Séptico e do Filtro Anaeróbio

3.9.5.3.1. Sumidouro

3.9.5.3.1.1. Histórico

O lançamento dos esgotos domésticos no subsolo é uma prática tão natural e lógica, tendo pesquisas arqueológicas registrado que há cerca de 6000 anos os habitantes de Sumere (região Sul do antigo império Caldeu) descarregavam seus esgotos em covas, cujas profundidades variavam de 12 a 15 metros. Em um dos últimos livros da Bíblia, Deuteronômio , Moisés ordenava que os despejos humanos fossem enterrados fora da área do acampamento.

Esta prática, extremamente antiga, demonstrou a sua aplicabilidade, no exemplo clássico do Estado de West Virgínia (EUA), quando se adotou como solução para o combate às febres tifóide e paratifóide a implantação de um programa de construção de 282.148 unidades de privadas.

3.9.5.3.1.2. Definição

Os sumidouros também conhecidos como poços absorventes ou fossa absorventes, são escavações feitas no terreno para receber os efluentes do tanque séptico, que se infiltram no solo através das aberturas na parede.

3.9.5.3.1.3. Dimensionamento

As dimensões dos sumidouros são determinadas em função da capacidade de absorção do terreno (**Tabela 11**).

Como segurança, **a área do fundo não deverá ser considerada**, pois o fundo logo se colmata.

- A área de infiltração necessária em m^2 para o sumidouro é calculada pela fórmula:

$$A = \frac{V}{Ci}$$

onde:

A = Área de infiltração em m^2 (superfície lateral);
V = Volume de contribuição diária em l/dia, que resulta da multiplicação do nº de contribuintes (N) pela contribuição unitária de esgotos (C), conforme **Tabela 13**;
Ci = Coeficiente de infiltração ou percolação (l/m^2 x dia) obtido no gráfico da **Figura 81**.

- **Fórmula para Calcular a Profundidade do Sumidouro Cilíndrico**:

$$A = \pi . D . h$$

$$h = \frac{A}{\pi D}$$

onde:

h = Profundidade necessária em metros;
A = Área necessária em m^2;
π = Constante 3,14;
D = Diâmetro adotado

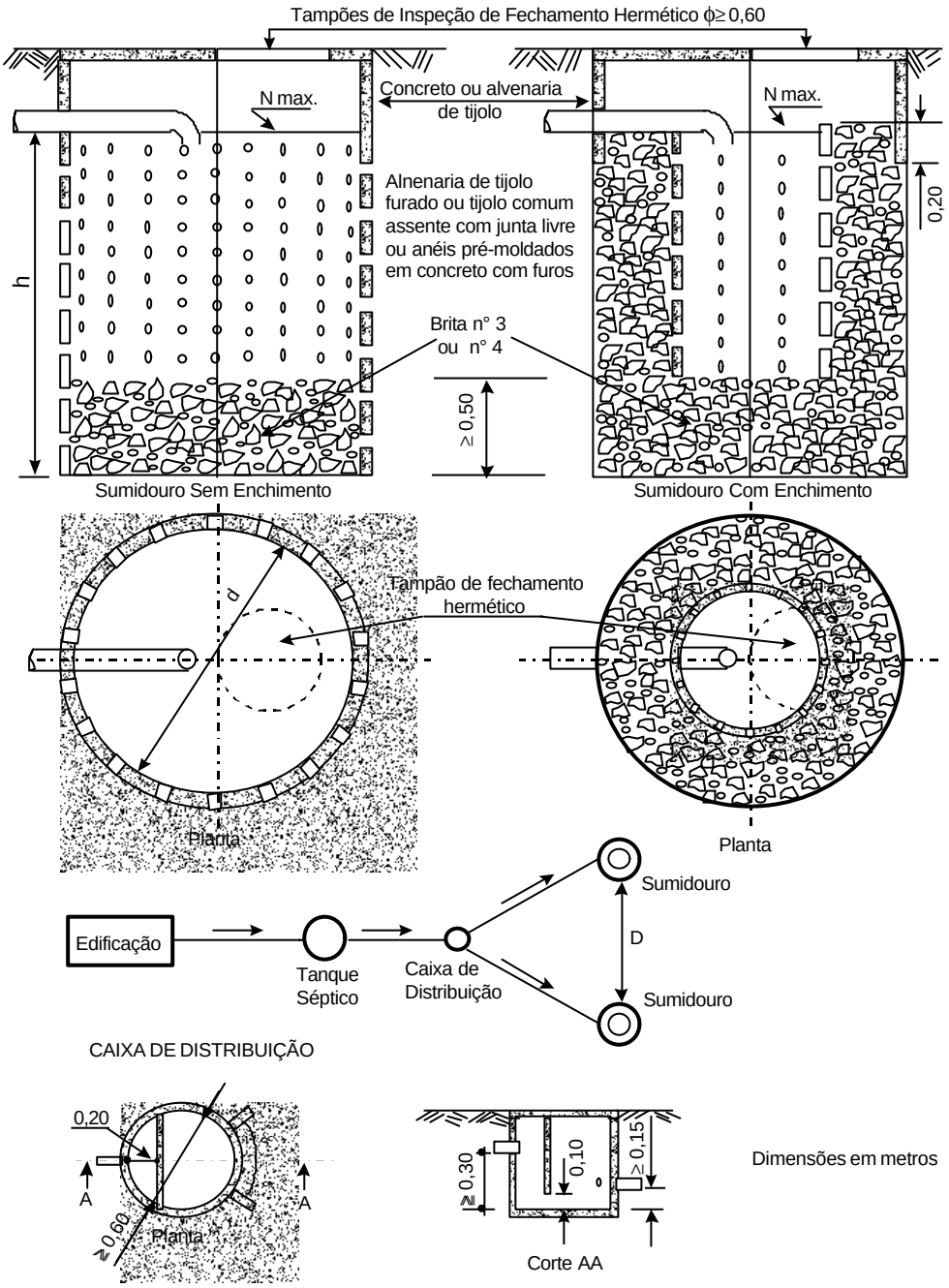
3.9.5.3.1.4. Detalhes Construtivos

Os sumidouros devem ser construídos com paredes de alvenaria de tijolos, assentes com juntas livres, ou de anéis (ou placas) pré moldados de concreto, convenientemente furados. Devem ter no fundo, enchimento de cascalho, coque ou brita nº 3 ou 4, com altura igual ou maior que 0,50m.

As lajes de cobertura dos sumidouros devem ficar ao nível do terreno, construídas em concreto armado e dotados de abertura de inspeção de fechamento hermético, cuja menor dimensão será de 0,60m.

Quando construídos dois ou mais sumidouros cilíndricos, os mesmos devem ficar afastado entre si de um valor que supere três vezes o seu diâmetro e nunca inferior a 6m.

Figura 103 - Sumidouro Cilíndrico



Fonte: ABNT-NBR – 7229/93

Notas: a) Distância máxima na horizontal e vertical entre furos é de 0,20m
b) Diâmetro mínimo dos furos é de 0,015m
c) Considerar como área de infiltração a área lateral até a altura (h) e a do fundo
d) A distância (D) entre os sumidouros deve ser maior que 3 vezes o diâmetro dos mesmos e nunca menor que 6 metros.

3.9.5.3.2. Vala de Infiltração

3.9.5.3.2.1. Definição

O sistema de vala de infiltração consiste em um conjunto de canalizações assentado a uma profundidade determinada, em um solo cujas características permitam a absorção do esgoto efluente do tanque séptico. A percolação do líquido através do solo permitirá a

mineralização dos esgotos, antes que os mesmos se transforme em fonte de contaminação das águas subterrâneas e de superfície. A área por onde são assentadas as canalizações de infiltração também são chamados de “campo de nitrificação”.

3.9.5.3.2.2. Dimensionamento

Para determinação da área de infiltração do solo, utiliza-se a mesma fórmula do sumidouro, ou seja: $A = V/C_i$. Para efeito de dimensionamento da vala de infiltração, **a área encontrada se refere apenas ao fundo da vala.**

No dimensionamento tem que se levar em conta as seguintes orientações:

- em valas escavadas em terreno, com profundidade entre 0,60m e 1,00m, largura mínima de 0,50m e máxima de 1,00m, devem ser assentados em tubos de drenagem de no mínimo 100mm de diâmetro;
- a tubulação deve ser envolvida em material filtrante apropriado e recomendável para cada tipo de tubo de drenagem empregado, sendo que sua geratriz deve estar a 0,30m acima da soleira das valas de 0,50m de largura ou até 0,60m, para valas de 1,00m de largura. Sobre a câmara filtrante deve ser colocado papelão alcatroado, laminado de plástico, filme de termoplástico ou similar, antes de ser efetuado o enchimento restante da vala com terra;
- a declividade da tubulação deve ser de 1:300 a 1:500;
- deve haver pelo menos duas valas de infiltração para disposição do efluente de um tanque séptico;
- comprimento máximo de cada vala de infiltração é de 30m;
- espaçamento mínimo entre as laterais de duas valas de infiltração é de 1,00m;
- a tubulação de efluente entre o tanque séptico e os tubos instalados nas valas de infiltração deve ter juntas tomadas;
- comprimento total das valas de infiltração é determinado em função da capacidade de absorção do terreno, calculada segundo a formula $A=V/C_{i;}$
- esquema de instalação do tanque séptico e valas de infiltração deve ser executado conforme **Figura 104**.

- **Exemplos de cálculo para dimensionamento de campos de absorção (galeria de infiltração):**

1. O efluente diário de um tanque séptico é de 2100 litros e o coeficiente de infiltração do terreno é de 68 litros/m^2/dia. Dimensionar o campo de absorção.

$$A = \frac{V}{C_i} = \frac{2100}{68} = 30{,}9m^2$$

2. O comprimento do campo de absorção para uma vala com largura de 0,60m e considerando a área encontrada acima,

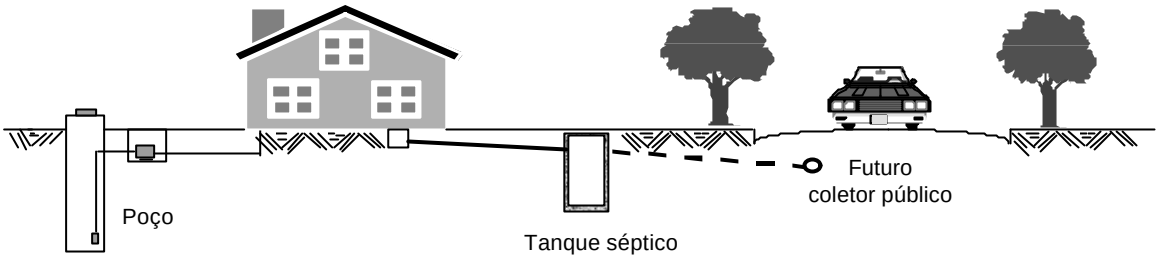
$$\text{logo,} \quad \frac{30{,}9m^2}{0{,}6m} = 51{,}5m \text{ de comprimento total}$$

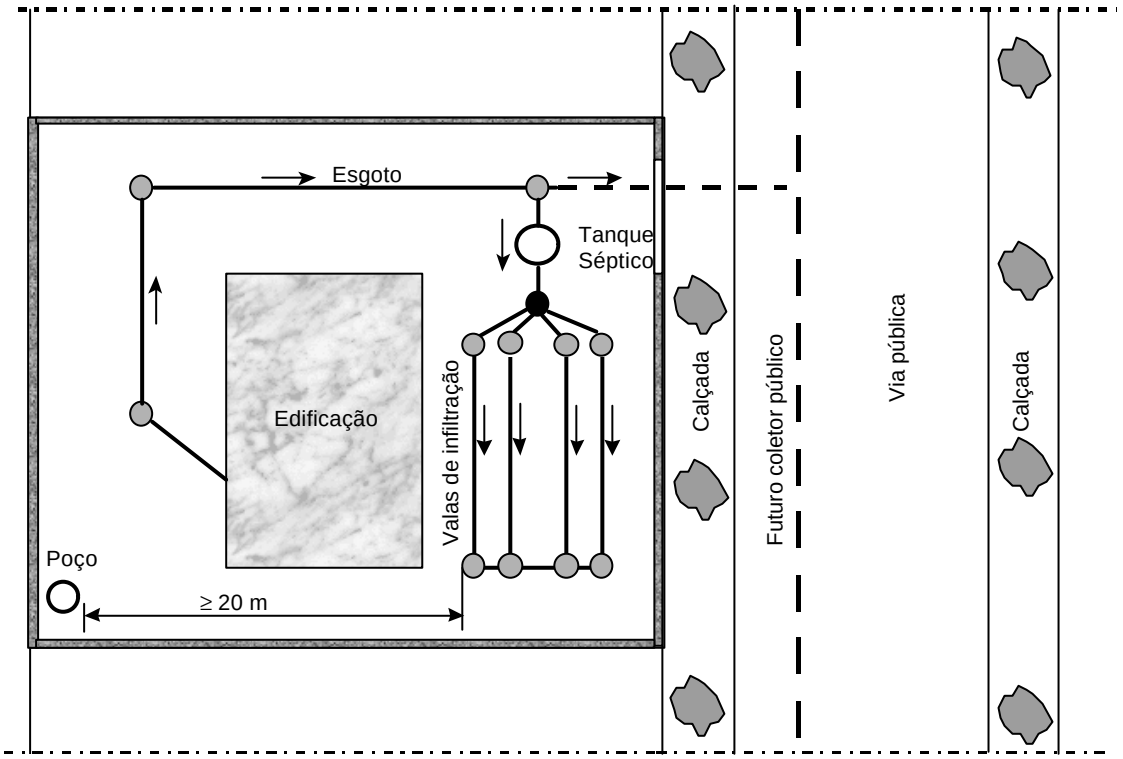
3. Este comprimento poderá ser subdividido em 3 ramais de 17,2m cada um.

$$\frac{51{,}5}{3} = 17{,}2m$$

3.9.5.3.2.3. Esquema de Instalação de Tanque Séptico e Valas de Infiltração

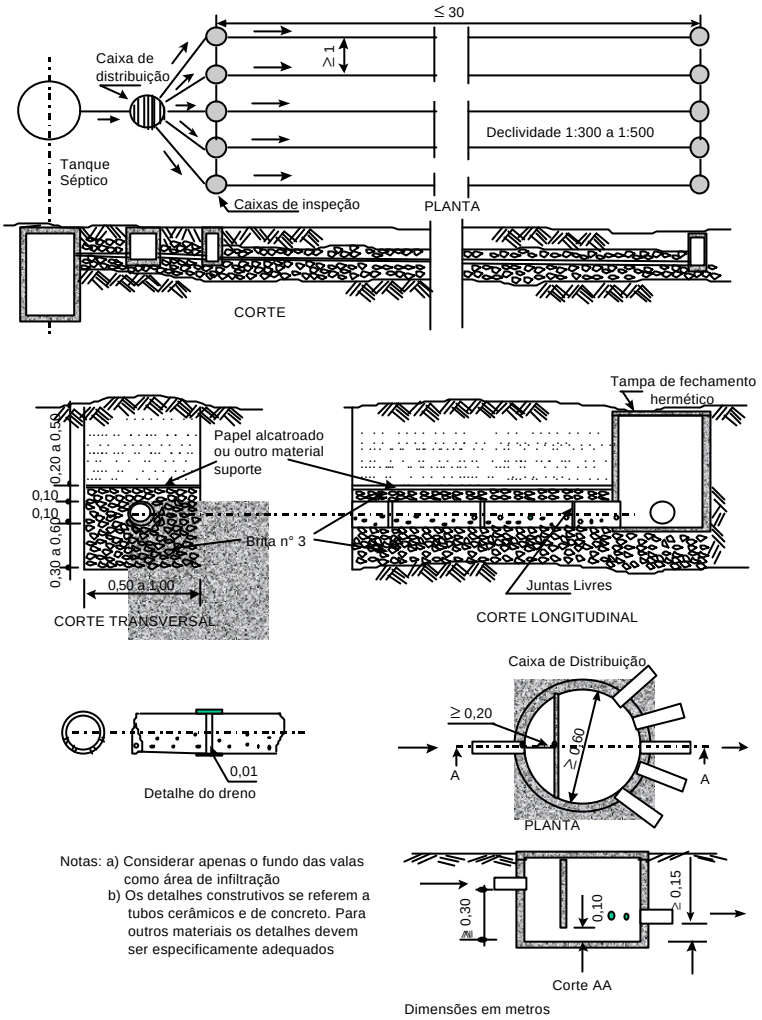
Figura 104 - Esquema de Instalação de Tanque Séptico e Valas de Infiltração





Fonte: ABNT-NBR – 7229/93

Figura 105 - Vala de Infiltração



Fonte: ABNT-NBR – 7229/93

3.9.5.3.3. Vala de Filtração

3.9.5.3.3.1. Definição

Os sistemas de valas de filtrações são constituídos de duas canalizações superpostas, com a camada entre as mesmas ocupada com areia **Figura 106**.

O sistema deve ser empregado quando o tempo de infiltração do solo não permite adotar outro sistema mais econômico (vala de infiltração) e /ou quando a poluição do lençol freático deve ser evitada.

3.9.5.3.3.2. Dimensionamento

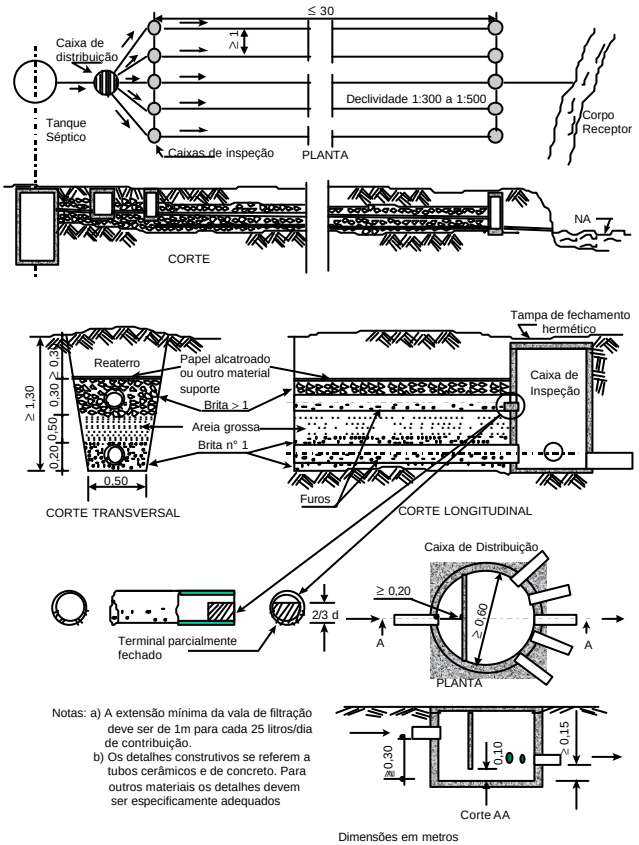
No dimensionamento das valas de filtração deverão ser consideradas as seguintes recomendações:

- a profundidade da vala é de 1,20m a 1,50m e a largura na soleira é de 0,50m;
- uma tubulação receptora, com DN 100 do tipo de drenagem, deve ser assentada no fundo da vala;

- a canalização receptora é envolvida por uma camada de brita nº 1, vindo em seguida a aplicação da camada de areia grossa de espessura não inferior a 0,50m, que se constitui no leito filtrante;
- uma tubulação de distribuição do efluente do tanque séptico, com DN 100mm do tipo de drenagem, deve ser assentada sobre a camada de areia;
- uma camada de cascalho, pedra britada ou escória de coque, é colocada sobre a tubulação de distribuição, recoberta em toda a extensão da vala com papel alcatroado ou similar;
- uma camada de terra deve completar o enchimento da vala;
- nos terminais das valas de filtração devem ser instaladas caixas de inspeção;
- efluente do tanque séptico é conduzido a vala de filtração de tubulação , com no mínimo DN 100mm, assente com juntas tomadas, dotadas de caixas de inspeção nas deflexões;
- a declividade das tubulações deve ser de 1:300 a 1:500.
- efluente do Tanque séptico é distribuído equivalentemente pelas valas de filtração, através de caixa de distribuição;
- as valas de filtração devem ter a extensão mínima de 6m por pessoa, ou equivalente, não sendo admissível menos de duas valas para o atendimento de um tanque séptico;
- quando o solo for arenoso e o nível do lençol estiver muito próximo da superfície, as valas de filtração podem ser construídas conforme a **Figura 107**, sendo que a distância horizontal entre a tubulação de distribuição e a tubulação de drenagem deve variar entre 1,00m e 1,50m e a diferença de cota entre as mesmas deve ser de no mínimo 0,20m.

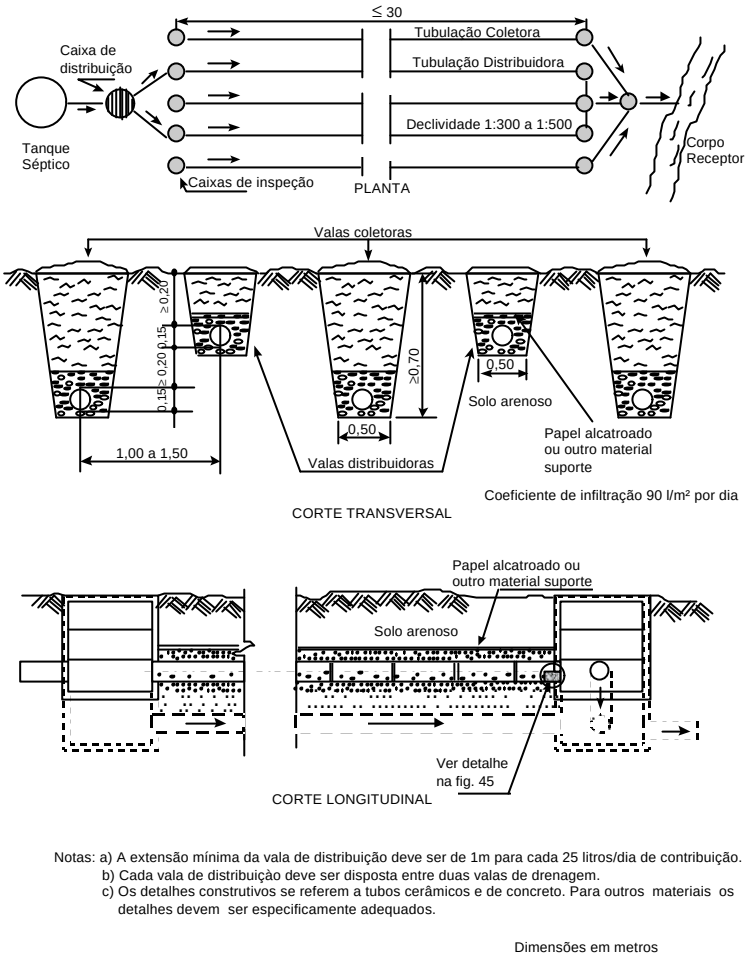
3.9.5.3.3.3. Detalhes Construtivos

Figura 106 - Vala de Filtração



Fonte: ABNT-NBR – 7229/93

Figura 107 - Vala de Filtração em Terreno Arenoso



Fonte: ABNT-NBR – 7229/93

3.9.5.4. Estação de Tratamento de Esgoto (ETE) para Pequenas Localidades

- **Processo de Tratamento**

O esgoto chega a ETE, passando pelo gradeamento e caixa de areia, onde se dá o tratamento preliminar, retendo os sólidos grosseiros e a remoção do lodo. Em seguida terá inicio o tratamento primário no tanque de sedimentação ocorrendo a decantação e a digestão do lodo. Finalmente o efluente passa pelo filtro biológico onde ocorre o tratamento secundário, após o que o efluente é lançado num corpo receptor.

Freqüentemente, deverá ser feita limpeza na caixa de areia, com a remoção dos sólidos grosseiros da grade, bem como a retirada da areia depositada. Ao final de cada ano de operação deverá ser feito descarga de fundo dos elementos anteriormente citados para o poço de lodo. Este lodo após a descarga deverá ser retirado mecanicamente ou não dependendo das condições topográficas e encaminhado a um leito de secagem.

- **Método Construtivo**

As unidades, serão construídas com tijolos maciços, argamassa 1:4 de cimento e areia ou concreto armado ambos os métodos com revestimento traço 1:3 de cimento e areia e impermeabilização traço 1:10. A pintura interna deverá ser feita com tinta anti-corrosiva na cor preta.

A tubulação utilizada no tanque de sedimentação e filtro biológico, para o poço de lodo deverá ser de ferro fundido com diâmetro 150mm. As demais tubulações poderá ser utilizada manilha de barro vitrificada ou tubos de pvc para esgoto no diâmetro 150mm.

Figura 108 - Planta Baixa de uma ETE

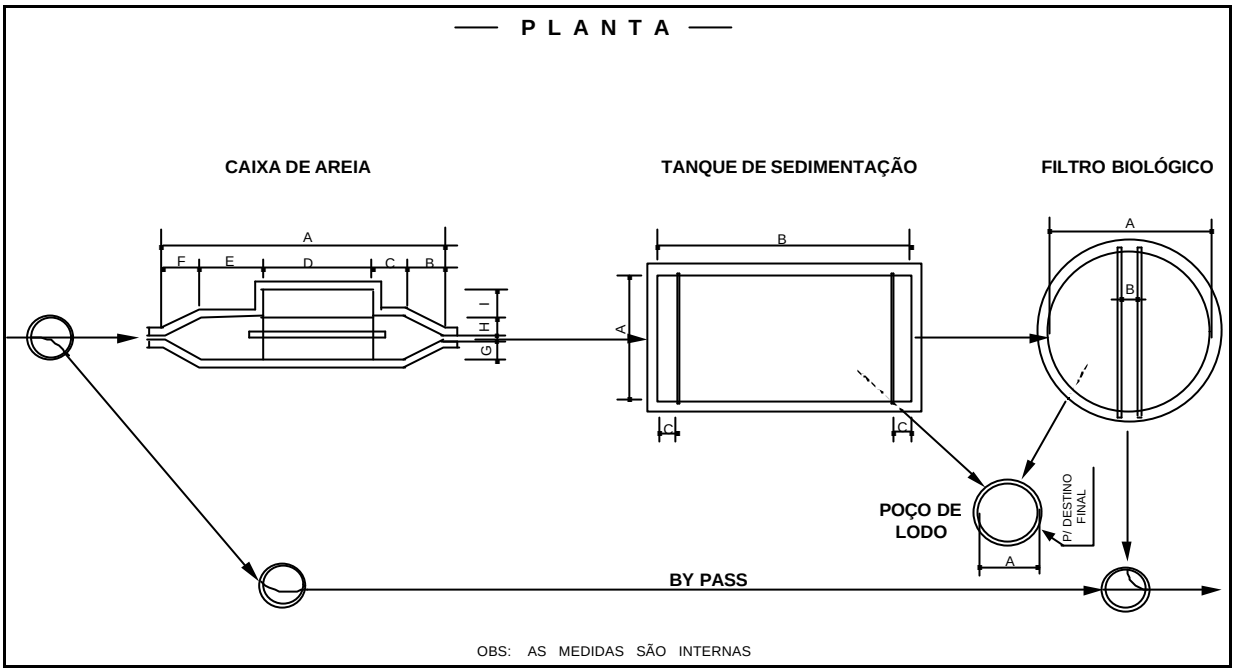


Figura 109 - Perfil da ETE

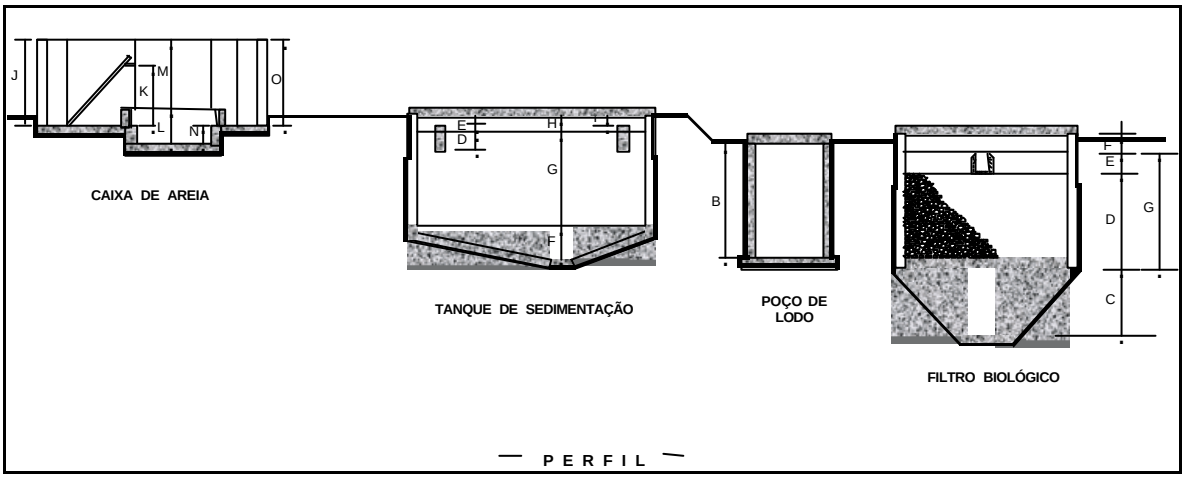


Tabela 17 - Dimensões de uma Caixa de Areia em Relação ao Número de Habitantes

Hab	Indicação no Desenho (Unidade em Metros)														
	A	**B**	**C**	**D**	**E**	**F**	**G**	**H**	**I**	**J**	**K**	**L**	**M**	**N**	**O**
500	6.00	0.55	0.55	2.50	1.30	0.50	0.45	0.30	0.60	1.70	1.00	0.75	1.30	0.35	1.70
1000	6.00	0.55	0.55	2.50	1.30	0.50	0.45	0.30	0.60	1.70	1.00	0.75	1.30	0.35	1.70
1500	7.00	0.55	0.55	3.50	1.30	0.50	0.45	0.30	0.60	1.70	1.00	0.75	1.30	0.35	1.70

Tabela 18 - Dimensões de um Tanque de Sedimentação em Relação ao Número de Habitantes

Hab	Indicação no Desenho (Unidade em Metros)								
	A	B	C	D	E	F	G	H	I
500	1.80	4.00	0.30	0.30	0.20	0.50	2.00	0.30	0.10
1000	2.50	5.00	0.30	0.40	0.20	0.50	2.00	0.30	0.10
1500	2.80	6.00	0.40	0.40	0.20	1.00	2.50	0.30	0.10

Tabela 19 - Dimensões de um Poço de Lodo em Relação ao Número de Habitantes

Habitantes	Indicação no Desenho (Unidade em Metros)	
	A	B
500	1.50	1.80
1000	1.50	2.60
1500	1.50	2.90

Tabela 20 - Dimensões de um Filtro Anaeróbio em Relação ao Número de Habitantes

Habitantes	Indicação no Desenho (Unidade em Metros)						
	A	B	C	D	E	F	G
500	2.00	0.25	0.80	1.57	0.35	0.30	1.92
1000	3.20	0.25	1.30	1.75	0.35	0.50	2.10
1500	3.95	0.25	1.30	1.95	0.35	0.50	2.40

3.9.5.5. Leito de Secagem

Os leitos de secagem são unidades de tratamento, geralmente em forma de tanques retangulares, projetados e construídos de modo a receber o lodo dos digestores, ou unidades de oxidação total, onde se processa a redução da unidade com a drenagem e evaporação da água liberada durante o período de secagem.

Podem ser caracterizados pelas seguintes partes:

- tanques de armazenamento;
- camada drenante;
- cobertura.

Os leitos de secagem podem ser construídos ao ar livre ou cobertos. Nos países tropicais não se justifica o uso de cobertura nos mesmos. Esta concepção torna o processo bastante oneroso.

Quando os leitos de secagem são cobertos geralmente nos países com grande precipitação de neve adota-se telhas transparentes, idênticas às utilizadas em estufas de plantas.

3.9.5.5.1. Funcionamento dos Leitos de Secagem

O funcionamento dos leitos de secagem é um processo natural de perda de umidade que se desenvolve devido aos seguintes fenômenos:

- liberação dos gases dissolvidos ao serem transferidos do digesto (pressão elevada) e submetidos a pressão atmosférica nos leitos de secagem;
- liquefação devido à diferença de peso específico aparente do lodo digerido e da água;
- evaporação natural da água devido ao contato íntimo com a atmosfera;
- evaporação devido ao poder calorífico do lodo.

O lodo em condições normais de secagem poderá ser removido do leito de secagem depois de um período, que varia de 20 a 40 dias, cuja umidade atinge valores de 60% a 70%. Em experiências realizadas na estação e tratamento de esgoto da Penha, RJ, o lodo lançado no leito de secagem com umidade média de 95% atinge valores de 50% depois de 20 dias de secagem em condições ótimas.

Na ETE – Cabanga (Recife-PE), valores em torno de 15 dias foram bastante frequentes.

Figura 110 - Planta do Leito de Secagem

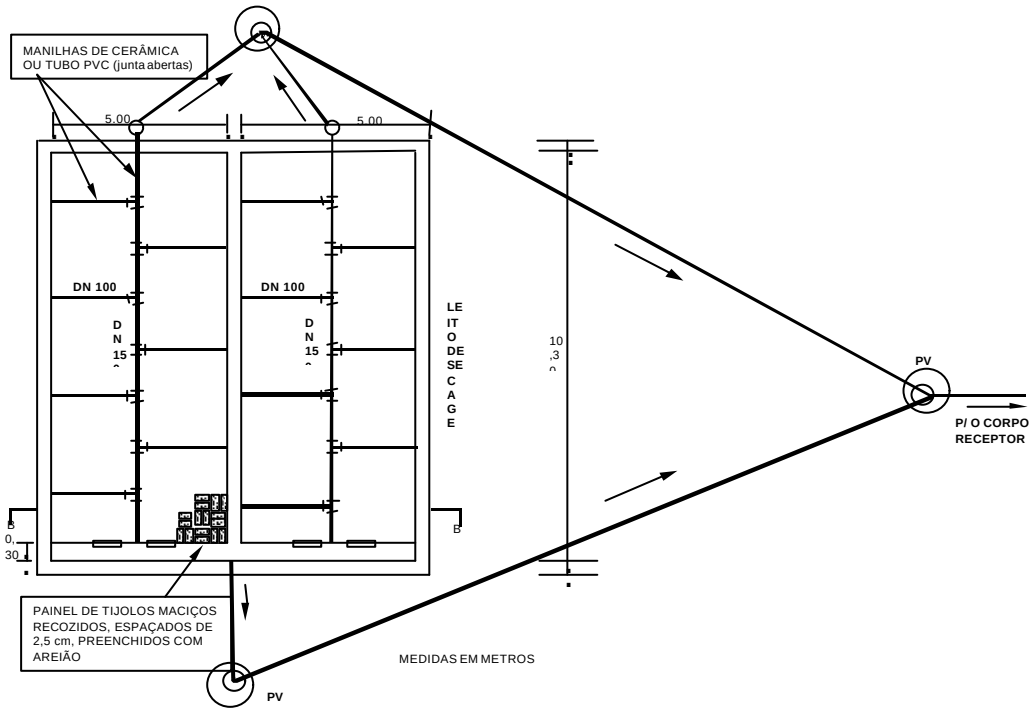
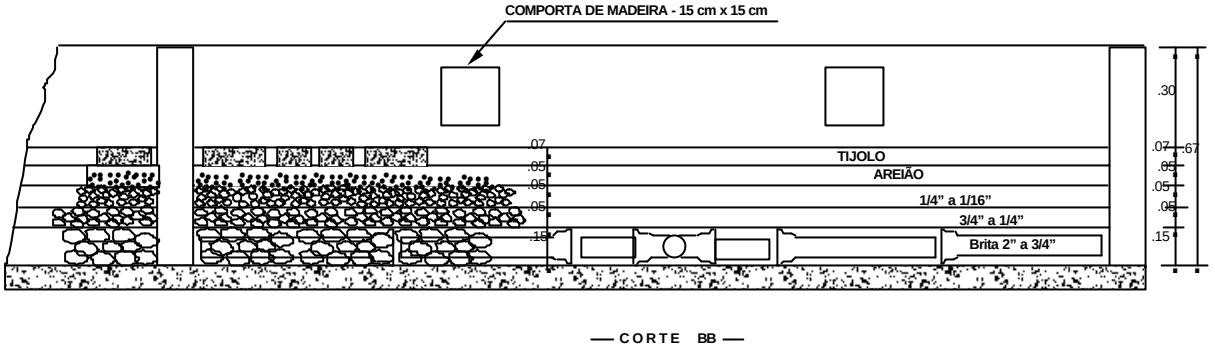


Figura 111 - Corte do Leito de Secagem



3.9.5.6. Outros Tipos de Tratamento

3.9.5.6.1. Tanque Imhoff e OMS

Compreende os tanques sépticos de câmaras superpostas.

Os tanques Imhoff e OMS destinam-se ao tratamento primário do esgoto, à semelhança dos tanques sépticos comuns. Compõem-se de uma câmara superior de sedimentação e outra inferior de digestão. A comunicação entre os dois compartimentos é feita unicamente por uma fenda que dá passagem aos lodos. A única diferença entre a fossa OMS e o tanque Imhoff está no detalhe da construção da câmara de decantação. Na OMS, esta câmara é vedada por cima, impedindo qualquer comunicação de gases entre os dois compartimentos.

- **Funcionamento**

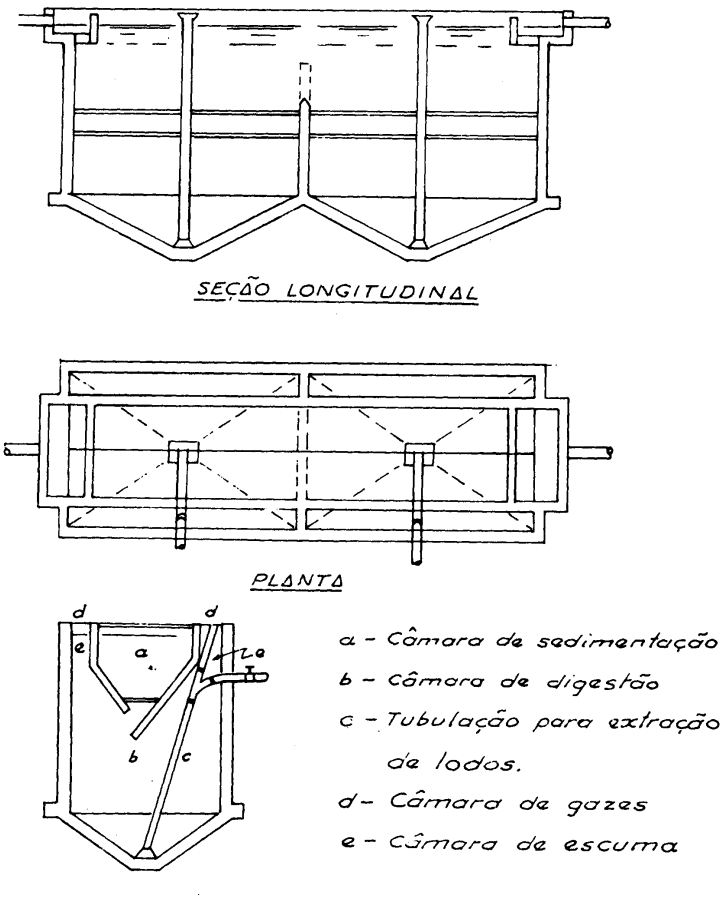
Os dispositivos de entrada e saída do esgoto no tanque são semelhantes aos dos tanques comuns.

O esgoto penetra na câmara de decantação onde esta se processa; a parte sedimentável precipita-se na câmara de digestão através de uma abertura (fenda), com 15cm de largura e comprimento igual à câmara de decantação.

Apresenta as seguintes vantagens sobre o tanque séptico:

- menor tempo de retenção, que poderá ser reduzido até duas horas, tornando-o mais econômico;
- melhor digestão, pois com a ausência de correntes ascendentes e descendentes, o processo de digestão não é perturbado, obtendo-se maior eficiência;
- melhor efluente, uma vez que devido à eficiência dos processos, de decantação e digestão, o líquido efluente é praticamente livre de partículas sólidas e tem a qualidade bacteriológica bastante melhorada;
- atendimento a populações maiores, pois se aplicam economicamente para atender até cerca de 5.000 pessoas.

Figura 112 - Tanque Imhoff



- **Dimensionamento**

A determinação do volume útil do tanque Imhoff é obtida seguindo o processo de cálculo abaixo:

$$V = V_1 + V_2 + V_3$$

Sendo:

V_1 – Volume da câmara de decantação (mínimo 500 litros):

$$V_1 = N \times C \times T$$

V_2 – Volume decorrente do período de armazenamento do lodo:

$$V_2 = R_1 \times N \times Lf \times Ta$$

V_3- Volume correspondente ao lodo em digestão

$$V_3 = R_2 \times N \times Lf \times Td$$

Onde:

N = número de contribuintes;
C = contribuição de despejos em litro/pessoa/dia (**Tabela 13**);
T = período de retenção em dias (2 horas = 1/12 dia);
Ta = período de armazenamento de lodo em dias. Prevendo-se a limpeza anual do tanque.
Ta = 360 – Td = 300 dias
Td = período de digestão de lodo em dias. Aproximadamente 60 dias;
Lf = contribuição de lodos frescos p/ pessoa/dia (**Tabela 13**);
$\mathbf{R_1}$ **=** 0,25 – coeficiente de redução do lodo digerido;
$\mathbf{R_2}$ **=** 0,50 – coeficiente de redução do lodo em digestão.

- **Dimensões Internas:**

a) **Tanques prismáticos**

- largura mínima: 1,00m;
- altura útil mínima: 1,20m;
- inclinação para as abas inferiores da câmara de decantação: 1,2:1 – sendo 1 na horizontal;
- espaçamento mínimo para a fenda de saída da câmara de decantação: 0,10m;
- superposição das abas inclinadas inferiores na câmara de decantação, de tal maneira que impeçam a penetração de gases e partículas de lodo. Aproximadamente 25cm.

b) **Tanques Cilíndricos**

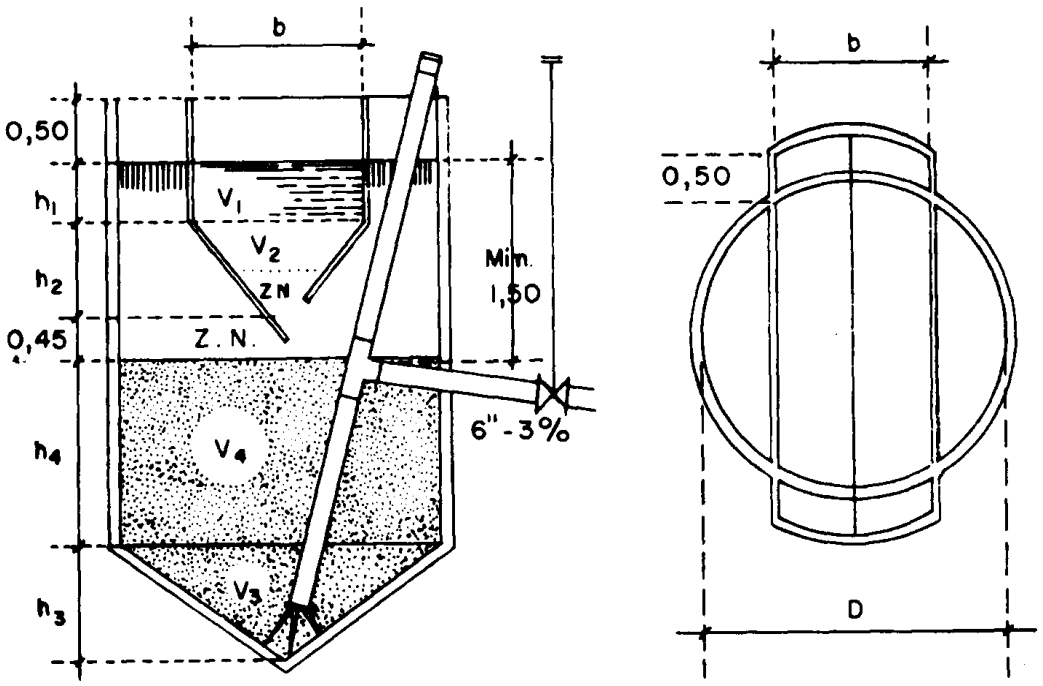
- diâmetro mínimo: 1,10m;
- altura útil mínima: 1,20m.

Tabela 21 - Cálculo de Pequenos Tanque Imhoff de Secção Circular*

População Servida por Tanque (P)	Diâmetro (M)
250	2,5 – 3,5
500	3,0 – 4,0
750	3,5 – 4,5
1000	4,0 – 5,0
1500	5,0 – 6,0
2000	6,0 – 7,0
2500	7,0 – 8,0

* Segundo Azevedo Neto

Figura 113 - Tanque Imhoff Circular



As dimensões do tanque poderão ser determinadas:

- Largura da câmara de sedimentação ..... b = 0,6 D
- Altura da parte de secção triangular ..... h_2 = 0, 625 b
- Volume da câmara de sedimentação, em m³ ..... v_s = 0,02 P

Volume da parte superior:

$$V_1 = V_S - V_2$$

Volume da parte inferior:

$$V_2 = \frac{(b + 0{,}72)}{2} \quad (h_2 - 0{,}45)$$

Altura da parte de seção retangular:

$$h_1 = \frac{V_S - V_2}{b\,D}$$

Volume da câmara de digestão:

- No caso de tratamento primário:

$$V_d = 0{,}05\ P$$

No caso de tratamento biológico:

$$V_P = 0{,}07\ P$$

Altura do cone inferior

$$h_3 = \frac{D}{4}$$

Volume da parte cônica:

$$V = \frac{\pi D^3}{48}$$

Volume da parte cilíndrica:

$$V_4 = V_d - V_3$$

Altura da parte cilíndrica:

$$h_4 = \frac{4V_4}{\pi D_2}$$

Altura total:

$$H = 0{,}95 + h_1 + h_2 + h_3 + h_4$$

- **Destino do Efluente Líquido do Tanque Imhoff**

Ver orientações no item 3.9.5.1.6 (Disposição do efluente líquido dos tanques sépticos).

3.9.5.6.2. Lagoas de Estabilização

- **Generalidades**

As lagoas de estabilização são o mais simples método de tratamento de esgotos existente. São construídas através de escavação no terreno natural, cercado de taludes de terra ou revestido com placas de concreto. Geralmente têm a forma retangular ou quadrada.

Podem ser classificadas em quatro diferentes tipos:

- lagoas anaeróbias;
- lagoas facultativas;
- lagoas de maturação;
- lagoas aeróbias (de alta taxa).

a) **Lagoas Anaeróbias**

Têm a finalidade de oxidar compostos orgânicos complexos antes do tratamento com lagoas facultativas ou aeradas. As lagoas aneróbias não dependem da ação fotossintética das algas, podendo assim ser construídas com profundidades maiores do que as outras, variando de 2.0 a 5,0m. São projetadas sempre que possível associada a lagoas facultativas ou aeradas.

b) **Lagoas Facultativas**

O seu funcionamento é através da ação de algas e bactérias sob a influência da luz solar (fotossíntese). A matéria orgânica contida nos despejos é estabilizada, parte transformando-se em matéria mais estável na forma de células de algas e parte em produtos inorgânicos finais que saem com efluente. Estas lagoas são chamadas de facultativas devido às condições aeróbias mantidas na superfície liberando oxigênio e às anaeróbias mantidas na parte inferior onde a matéria orgânica é sedimentada. Têm profundidade variando de 1,0 a 2,5m e áreas relativamente grande.

c) **Lagoas de Maturação**

A sua principal finalidade é a redução de coliformes fecais, contido nos despejos de esgotos. São construídas sempre, depois do tratamento completo de uma lagoa facultativa ou outro tipo de tratamento convencional. Com adequado dimensionamento, pode-se conseguir índices elevados de remoção de coliformes, garantindo assim uma eficiência muito boa. As profundidades normalmente adotadas, são iguais as das lagoas facultativas.

d) **Lagoas Aeróbias ou de Alta Taxa.**

Têm como principal aplicação a cultura colheita de algas. São projetadas para o tratamento de águas residuárias decantadas. Constituem um poderoso método para produção de proteínas, sendo de 100 a 1000 vezes mais produtivas que a agricultura convencional. É aconselhável o seu uso, para tratamento de esgoto, quando houver a viabilidade do reaproveitamento da produção das algas. A sua operação exige pessoal capaz e o seu uso é restrito. A profundidade média é de 0,3 a 0,5m.

3.9.5.6.3. Lagoas Aeradas Mecanicamente.

- **Generalidades**

As lagoas aeradas mecanicamente são idênticas às lagoas de estabilização, com uma única diferença, são providas de aeradores mecânicos de superfície instalados em colunas de concreto ou do tipo flutuantes e também de difusores. A profundidade varia de 3,0 a 5,0m. O esgoto bruto é lançado diretamente na lagoa depois de passar pôr um tratamento preliminar (caixa de areia). Funcionam como um tanque de aeração no qual os aeradores artificiais substituem a oxidação através das algas nas lagoas de estabilização.

A área para construção é inferior às das lagoas de estabilização devido a profundidade e o tempo de detenção para a estabilização da matéria orgânica, que também é menor. Há necessidade de energia elétrica para funcionamento desses aeradores.

Podem ser classificadas em três diferentes tipos:

- aeróbia com mistura completa;
- aerada facultativa;
- aerada com aeração prolongada.

As mais usadas, são as duas primeiras em função de ter menor custo e menor sofisticação em sua operação.

- **Caixa de Areia**

As caixas de areia ou desarenadores, são unidades destinadas a reter areia e outros minerais inertes e pesados que se encontram nas águas de esgoto (entulhos, seixo, partículas de metal, carvão e etc.).

Esses materiais provêm de lavagem, enxurradas, infiltrações, águas residuárias das indústrias e tec.

Têm como seu principal emprego a proteção dos conjuntos elevatórios evitando abrasões, sedimentos incrustáveis nas canalizações e em partes componentes das ETEs, como, decantadores, digestores, filtros, tanques de aeração e etc.

3.9.5.6.4 - Lodos Ativados.

Ainda que apresentem variações em certos detalhes, os processos de lodos ativados consistem essencialmente da agitação de uma mistura de águas residuárias com um certo volume de lodo biologicamente ativo, mantido em suspensão por uma aeração adequada e durante um tempo necessário para converter uma porção biodegradável daqueles resíduos ao estado inorgânico, enquanto que o remanescente é convertido em lodo adicional. Tal lodo é separado por uma decantação secundária e em grande parte, é retornado ao processo sendo que a quantidade em excesso é disposta pelos meios usuais (digestão).

Os lodos ativados consistem de agregados floculentos de microorganismos, materiais orgânicas e inorgânicas. Os microsorganismos considerados incluem bactérias, fungos, protozoários e metazoários como rotíferos, larvas de insetos e certos vermes. Todos eles se relacionam através de uma cadeia de alimentação: bactérias e fungos decompõem o material

orgânico complexo e através dessa atividade se multiplicam servindo de alimento aos protozoários, os quais, por sua vez, são consumidos pelos metazoários que também podem se alimentar diretamente de bactérias, fungos e mesmo de fragmentos maiores dos flocos de lodos ativados.

O processo envolve então um estágio de aeração seguida por uma separação de sólidos da qual o lodo obtido é recirculado para se misturar com o esgoto. Na etapa de aeração ocorre uma rápida adsorção e floculação dos materiais orgânicos dissolvidos e em suspensão coloidal. Ocorre ainda uma oxidação progressiva e uma síntese dos compostos orgânicos adsorvidos e daqueles que são continuamente removidos da solução. Finalmente, oxidação e dispersão das partículas de lodo com o prosseguimento da aeração.

O processo dos lodos ativados é o mais versátil dos processos biológicos de tratamento. Pode produzir um efluente com concentração de matéria orgânica variando de muito alta a muito baixa. Historicamente, foi desenvolvido a partir de 1913 na Inglaterra e permaneceu sem sofrer grandes alterações por quase trinta anos. Quando começaram as mudanças elas foram provocadas mais pelos operadores das estações , ao tentarem solucionar problemas especiais, do que propriamente por engenheiros envolvidos em projetos ou pesquisas. Com o avanço da tecnologia, entretanto, começaram os grupos de pesquisa a trazer sua contribuição em termos de modificações básicas no processo.

Muitas modificações do processo de lodos ativados têm sido desenvolvidas nos últimos anos, mas apenas duas variações básicas devem ser consideradas:

- sistema convencional, no qual absorção, floculação e síntese são alcançadas em um estágio;
- sistema de estabilização por contato, no qual a oxidação e a síntese do material orgânico removido ocorrem em um tanque de aeração separado.

3.9.5.6.5 - Sistema UASB Biofiltro Aerado (Segundo Prof^{o} Ricardo Franci Gonçalves – UFES)

- **Fluxograma de Tratamento**

As seguintes unidades compõem o fluxograma de tratamento da ETE:

1. **pré-tratamento**: grade média (limpeza manual,situada na estação elevatória);
2. **tratamento primário**: reator anaeróbio de fluxo ascendente (UASB);
3. **tratamento secundário**: biofiltros aerados submersos;
4. **desidratação do lodo**: leitos de secagem;
5. **bombeamento**.

- **Estação Elevatória de Esgoto e de lodo do BF (biofiltro)**

O esgoto gradeado é encaminhado para a estação de recalque, onde será bombeado para o reator UASB. A estação elevatória também receberá o lodo de lavagem dos biofiltros aerados submersos, na ocasião em que estes reatores forem submetidos lavagem do meio granular. O lodo será bombeado para o reator UASB, juntamente com o esgoto pré-tratado.

- **Desarenador**

O desarenador objetiva evitar o acúmulo de material inerte nos reatores biológicos. Será instalado um desarenador do tipo canal com limpeza manual, situado no alto do reator

UASB. Vertedores triangulares serão instalados na saída do desarenador, objetivando o controle de nível d'água e a distribuição vazões para alimentação do reator UASB.

A areia será removida periodicamente do desarenador, sendo acondicionada em caçambas e encaminhadas para aterro sanitário.

- **Reator Anaeróbio com Manta de lodo e Fluxo Ascendente (UASB)**

O reator UASB consiste de um fluxo ascendente de esgotos através de um leito de lodo biológico denso e de elevada atividade metabólica anaeróbia. O perfil de sólidos no reator varia de muito denso e com partículas granulares de elevada capacidade de sedimentação próximas ao fundo (leito de lodo), até um lodo mais disperso e leve, próximo ao topo do reator (manta de lodo). Um dos princípios fundamentais do processo é a sua capacidade em desenvolver uma biomassa de grande atividade no reator. Essa biomassa pode se apresentar em flocos ou em grânulos (1 a 5mm de tamanho).

O cultivo de um lodo anaeróbio de boa qualidade é conseguido através de um processo cuidadoso de partida, durante o qual a seleção da biomassa é imposta, permitindo que o lodo mais leve, de má qualidade, seja arrastado para fora do sistema, ao mesmo tempo que o lodo de boa qualidade é retido. O lodo mais denso, normalmente, se desenvolve junto ao fundo do reator e apresenta uma concentração de sólidos totais da ordem de 40 a 100g SST/l. Usualmente, não se utiliza qualquer dispositivo mecânico de mistura, uma vez que estes parecem ter um efeito adverso na agregação do lodo, e, consequentemente, na formação de grânulos.

As eficiências de remoção da matéria orgânica costumam se situar na faixa de 70 a 80% (DBO5), o que, em alguns casos, pode inviabilizar o lançamento direto dos efluentes tratados no corpo receptor. Por este motivo, embora o UASB seja um reator que inclue amplas vantagens, principalmente no que diz respeito a requisitos de área, simplicidade de operação, projeto e manutenção e redução média de matéria orgânica, é bastante importante que seja incluída uma etapa de pós-tratamento para este processo.

Portanto, na ETE o reator UASB realizará o tratamento primário, sendo inserido no circuito de tratamento logo após o pré-tratamento. O UASB será construído em aço carbono protegido contra a corrosão. A digestão do lodo de lavagem dos biofiltros será realizada nesta unidade.

- **Descrição dos Biofiltros Aerados Submersos**

Os BFs são reatores biológicos a base de culturas de microrganismos fixas sobre camada suporte imóvel. Na prática, um BF é constituído por um tanque preenchido com um material poroso, através do qual água residuária e ar fluem permanentemente. Na quase totalidade dos processos existentes, o meio poroso é mantido sob total imersão pelo fluxo hidráulico, caracterizando os BFs como reatores tri-fásicos compostos por:

- **Fase sólida:** constituída pelo meio suporte e pelas colônias de microorganismos que nele se desenvolvem sob a forma de um filme biológico (biofilme);
- **Fase líquida:** composta pelo líquido em permanente escoamento através do meio poroso;
- **Fase gasosa:** formada pela aeração artifical e, em reduzida escala, pelos gases sub-produtos da atividade biológica no reator.

A característica principal do processo é a sua capacidade de realizar, no mesmo reator, a remoção de compostos orgânicos solúveis e de partículas em suspensão presentes no esgoto. A fase sólida, além de servir de meio suporte para as colônias bacterianas depuradoras, constitui-se num eficaz meio filtrante.

Lavagens periódicas são necessárias para eliminar o excesso de biomassa acumulada, mantendo as perdas de carga hidráulica através do meio poroso em níveis aceitáveis . A lavagem do BF é uma operação compreendendo a interrupção total da alimentação com esgoto e diversas descargas hidráulicas sequenciais de ar e água de lavagem (retro-lavagem).

A função dos BFs será a de garantir o polimento do efluente anaeróbio dos UASB. Este processo de tratamento é capaz de produzir um efluente de excelente qualidade, sem a necessidade de uma etapa complementar de clarificação. A DBO5 e uma fração do nitrogênio amoniacal remanescentes dos UASB serão oxidadas através da grande atividade do biofilme aeróbio. Devido à grande concentração de biomassa ativa, os reatores serão extremamente compactos. Os BFs também serão construídos em aço carbono.