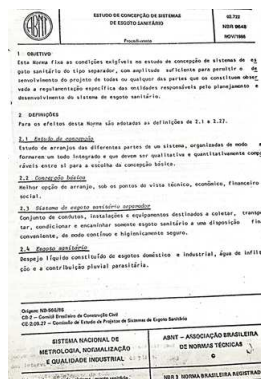


REFERÊNCIAS BÁSICAS



- **Tsutiya, M. T.; Alem Sobrinho, P. (1999).** Coleta e Transporte de Esgoto Sanitário. Departamento de Engenharia Hidráulica e Sanitária da Escola Politécnica da USP. São Paulo SP.
- **Von Sperling, M. (2005).** Introdução à qualidade das águas e ao tratamento de esgotos. 3ª Edição. DESA, UFMG. Belo Horizonte MG.
- **ABNT (1986).** NBR 9648 - Estudo de concepção de sistemas de esgoto.
- **ABNT (1986).** NBR 9649 - Projeto de redes coletoras de esgoto sanitário.

MATERIAIS DE APOIO



REFERÊNCIAS COMPLEMENTARES

- **ABNT (2016).** NBR 12207 - Projeto de interceptores de esgoto sanitário;
- **ABNT (2000).** NBR 14486 - Sistemas enterrados para condução de esgoto sanitário. Projeto de redes coletoras com tubos de PVC;
- **Azevedo Netto, J. M.; Fernandez, M.; Araújo, R.; Ito, A. E. (1998).** Manual de Hidráulica. 8ª edição. Edgard Blücher Ltda, São Paulo SP;
- **Baptista, M.B.; Coelho, M.M.L.P.; Cirilo, J.A.; Mascarenhas, F.C.B. (org.) (2011).** Hidráulica aplicada. 2ª edição. Porto Alegre: ABRH;
- **Nuvolari, A. (Coordenador) (2011).** Esgoto sanitário – coleta, transporte, tratamento e reúso agrícola. 2ª edição. São Paulo: Blucher, 565 p.;
- **Pereira, J.A.R.; Silva, J.M.S. (2010).** Rede coletora de esgoto sanitário: projeto, construção e operação. 2ª ed. Belém PA;
- **Mendonça, S.P.; Mendonça, L.C. (2017).** Sistemas sustentáveis de esgotos: orientações técnicas para projeto e dimensionamento de redes coletoras, emissários, canais, estações elevatórias, tratamento e reúso na agricultura. 2ª edição. São Paulo: Blucher. 368 p.;
- **CAMPOS, J.R. (coord.).** Tratamento de esgotos sanitários por processo anaeróbio e disposição controlada no solo. Projeto PROSAB/FINEP. Rio de Janeiro: ABES, 1999. (<http://www.finep.gov.br/apoio-e-financiamento-externa/historico-de-programa/210-prosab/produtos>);
- **FLORENCIO, L., BASTOS, R.K.X., AISSE, M.M. (Coord.).** Tratamento e utilização de esgotos sanitários. Projeto PROSAB/FINEP. Rio de Janeiro: ABES, 2006. (<http://www.finep.gov.br/apoio-e-financiamento-externa/historico-de-programa/210-prosab/produtos>);
- **SANTOS, A.B. (coord.).** Caracterização, tratamento e gerenciamento de subprodutos de correntes de esgotos segregadas e não segregadas em empreendimentos habitacionais. Projeto RENTED/FINEP. Fortaleza: Impreco, 2019. (<http://www.finep.gov.br/apoio-e-financiamento-externa/historico-de-programa/210-prosab/produtos>);
- **Notas de aula de SES.** Anotações de alunos em sala de aula presencial. Organização e revisão: Átala, Elissandra Pereira, Nathália F. Bomfim e Mario T. Kato (julho de 2023).



CONTROLE DE REVISÃO

--	--	--	--	--

1.1 PARTE TEÓRICA

ESGOTO SANITÁRIO



Resíduo gerado dentro de casa e despejado na forma líquida (matéria orgânica), águas pluviais e efluentes industriais.

Águas pluviais

Parcela por infiltração

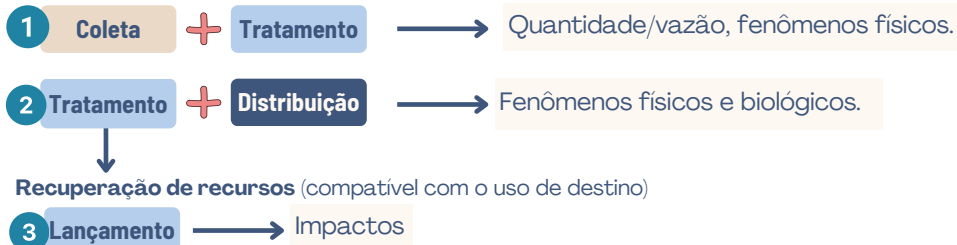
$$ES = ED + AP + E.IND$$

Esgoto doméstico
Predominante

Efluentes industriais
Eventual

SISTEMA DE ESGOTO SANITÁRIO (SES)

O SES é constituído por partes/unidades com funções específicas:



ESGOTO SANITÁRIO

99,9% de água

0,1% de impurezas/partículas



- Sólidos;
- Patogênicos;
- Nutrientes;
- Matéria orgânica.

INTRODUÇÃO

IMPORTÂNCIA DO TRATAMENTO DE ESGOTO



- DBO do esgoto sanitário = 300 mg O₂ /L
- DBO do esgoto industrial = 30.000 mg O₂ /L;
- Carga orgânica = CO

$$CO = Q \cdot C_{DBO}$$

- CO = carga orgânica de esgoto (kgDBO/dia);
- Q = vazão de esgoto (m³/dia);
- C_{DBO} = concentração de DBO (kgDBO/m³).

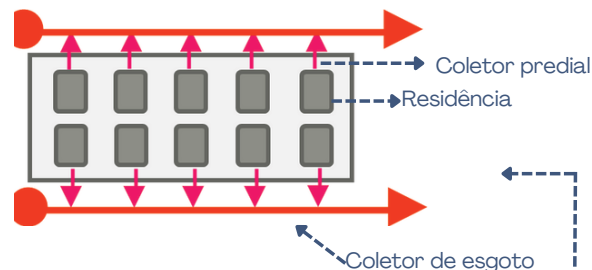
O SES é rápido, seguro e adequado, em que a quantidade e qualidade relacionados com o uso são indispensáveis para o equilíbrio.

RIO POLUÍDO

Despejos lançados (carga) > capacidade de autodepuração.

LIGAÇÃO PREDIAL

Trecho do coletor predial compreendido entre o limite do terreno e o coletor de esgoto.



COLETOR DE ESGOTO

Tubulação da rede coletora que **recebe** contribuição de esgoto dos **coletores prediais** em **qualquer ponto** ao longo de seu comprimento.

COLETOR PRINCIPAL

Coletor de esgoto de **maior extensão** dentro de uma mesma bacia.

EMISSÁRIO

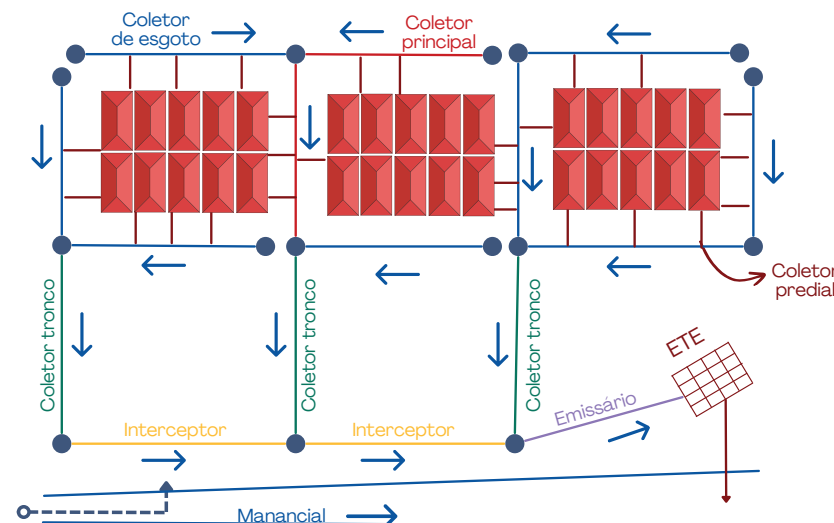


Tubulação que recebe esgoto **exclusivamente** na extremidade de **montante**.

COLETOR TRONCO (INTERCEPTOR)

Tubulação da rede coletora que **recebe apenas** contribuição de esgoto de **outros coletores**.

DEFINIÇÕES NBR 9649/86



ORGÃOS ACESSÓRIOS

Dispositivos **fixos** desprovidos de equipamentos mecânicos.

TUBO DE INSPEÇÃO E LIMPEZA TIL

Dispositivo não visitável que permite inspeção e introdução de equipamentos de limpeza.

CAIXA DE PASSAGEM CP

Câmara sem acesso localizada em pontos singulares por necessidade construtiva.

POÇO DE VISITA PV

Câmara visitável através de abertura existente em sua parte superior, destinada à execução de trabalhos de manutenção.

TERMINAL DE LIMPEZA TL

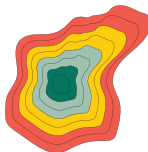
Dispositivo que permite introdução de equipamentos de limpeza, localizado na cabeceira de qualquer coletor.



CONTROLE DE REVISÃO

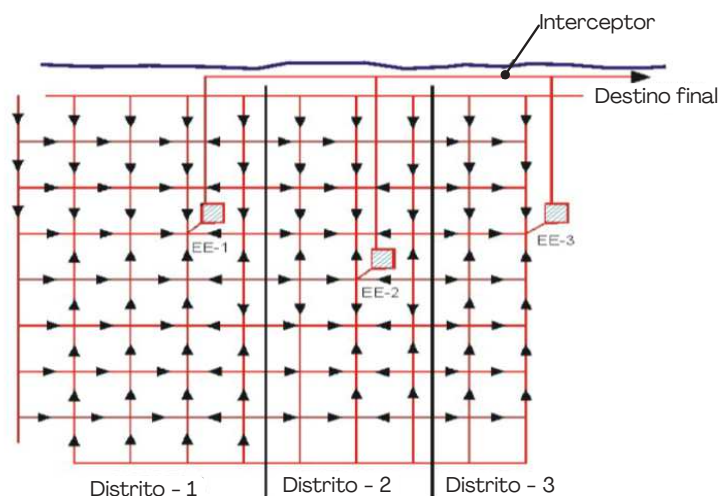
--	--	--	--	--

- Depende da **topografia** do terreno:
 - Traçado **radial** ou distrital;
 - Traçado **perpendicular**;
 - Traçado **leque** ou **espinha de peixe**.

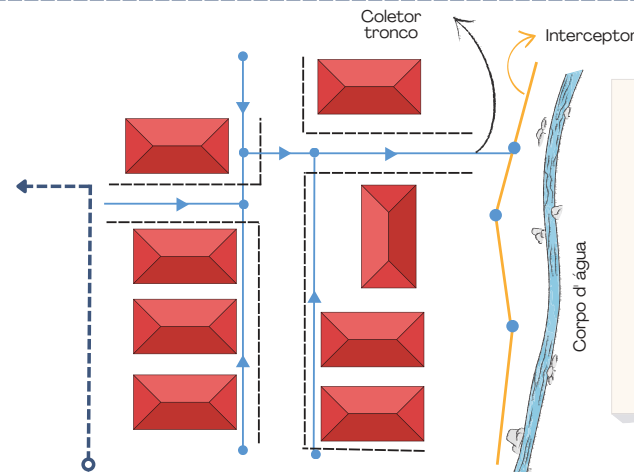


TRAÇADO RADIAL OU DISTRITAL

- Indicados para terrenos com **topografia plana**;
- Rede coletora é dividida em **distritos** ou setores (porções de rede independente);
- Há uma Estação Elevatória de Esgoto (EEE);
- Em cada distrito haverá uma ETE;
- O esgoto da EEE será encaminhado por **bombas** para um distrito vizinho, para um **interceptor** ou para uma **ETE**.



TRAÇADOS DE REDES COLETORAS

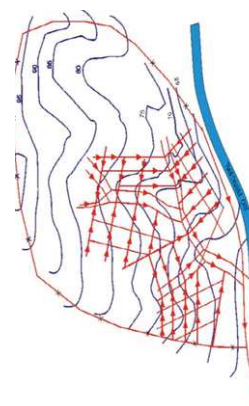


TRAÇADO PERPENDICULAR

- Indicados para terrenos com **maior declividade**;
- Adota-se em regiões atravessadas ou circundadas por **ursos d' água**;
- Traçado **perpendicular** ao corpo hídrico;
- Interceptor localiza-se nas margens do corpo hídrico;
- Uso de EEE em casos específicos.

TRAÇADO LEQUE OU ESPINHA DE PEIXE

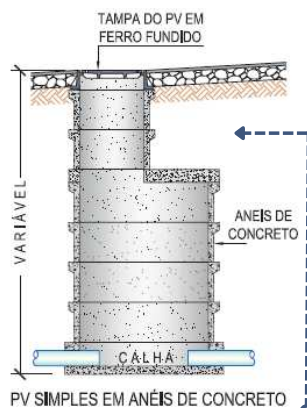
- Indicado para áreas com **relevo acidentado**;
- Coletores tronco se localizam nos fundos dos vales ou parte **mais baixa** da bacia;
- Coletores tronco recebem contribuições de coletores secundários;
- Rede se assemelha a uma espinha de peixe ou a um leque.



POÇO DE VISITA (PV)

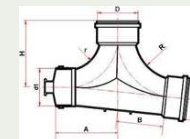


- **Câmara visitável** (entrada de pessoas) para realizar manutenções, inspeção e limpeza;
- Tampa circular de **ferro fundido**;
- O poço de visita é **obrigatório**:
 - Na união de **mais** de **dois** trechos ao coletor (**mais** de 3 tubulações de entrada);
 - Na união que exige colocação de **tubos de queda** (degrau entre os trechos $\geq 0,5$ m);
 - Nas extremidades de **sifões invertidos** e **passagens forçadas**;
 - Profundidade da tubulação $\geq 3,0$ m.
- As dimensões PV devem se ater aos seguintes limites:
 - a) tampão - diâmetro mínimo de 0,60m;
 - b) câmara - dimensão mínima em planta de 0,80 m.



Tubo de inspeção e limpeza (TIL)

- Dispositivo **não** visitável;
- Permite a inspeção (**visual**) e introdução de equipamentos de limpeza;
- Utilizado para:
 - Mudança de direção;
 - Mudança de declividade;
 - Mudança de material e diâmetro;
 - Reunião de **até dois** trechos no conector.

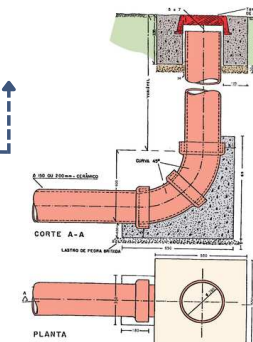


ÓRGÃOS ACESSÓRIOS

Caixa de passagem (CP)

- Câmara **sem acesso**;
- Localizada em pontos singulares por necessidade construtiva:
 - Desvio de obstáculo;
 - Curvas.
- Utilizado em:
 - Mudança de direção;
 - Mudança de declividade;
 - Mudança de **material** e **diâmetro**.
- As posições das CP e das conexões utilizadas devem ser **obrigatoriamente** cadastradas.

Nos casos de mudança de **direção** e de **declividade**, as CP podem ser substituídas por **conexões**, nas situações em que as deflexões das caixas coincidirem com as deflexões dessas peças.



TERMINAL DE LIMPEZA (TL)

- **Não** permite visitação;
- Permite a entrada de equipamentos de limpeza;
- Localizado na extremidade de montante dos coletores (Ponta seca).

TUBO DE QUEDA

- Definição: Dispositivo instalado no PV de modo a permitir que o trecho de coletor a montante deságue no fundo do poço.
- Liga a tubulação de **montante** ao fundo de um PV;
- Utilizado quando o **degrau** $> 0,5$ m;



CONTROLE DE REVISÃO

--	--	--	--	--

Em alguns casos, os PV podem ser substituídos por TL, TIL e CP. !

- O **TL** pode substituir o poço de visita (PV):
 - Cabeceira dos coletores (início de redes).
- O **TIL** pode substituir o poço de visita (PV):
 - Na reunião de **até** dois trechos ao coletor (três entradas e uma saída);
 - Nos pontos com **degrau** de altura $< 0,50$ m;
 - A jusante de ligações prediais cujas contribuições podem acarretar problemas de manutenção.
- A **CP** pode substituir o poço de visita (PV):
 - Mudanças de direção;
 - Mudança de declividade;
 - Alteração de diâmetro;
 - Mudança de material da tubulação.

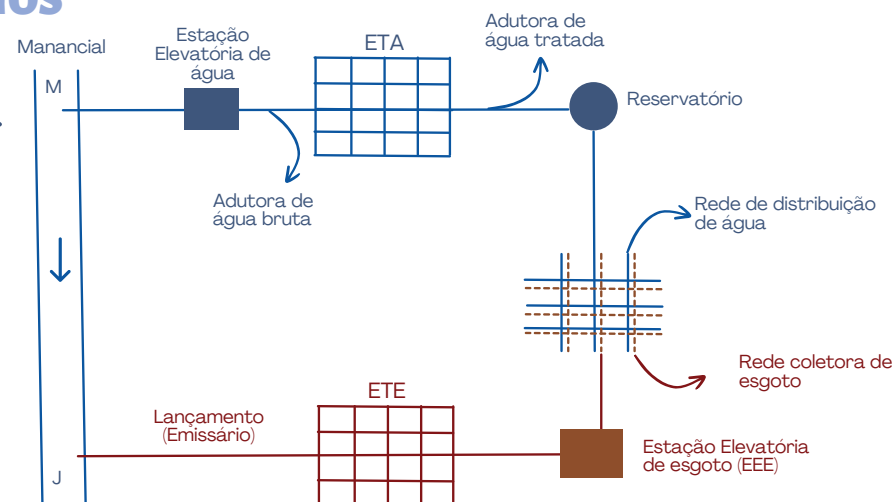
Sifão invertido

- Funciona como **conduto forçado**;
- Trecho rebaixado da tubulação;
- Utilizado para **transpor obstáculos**:
 - Cursos d' água;
 - Depressões no terreno.

ÓRGÃOS ACESSÓRIOS

PASSAGEM FORÇADA

- Funciona como um **conduto forçado**;
- **Não** se encontra rebaixado.





CONTROLE DE REVISÃO

--	--	--	--	--

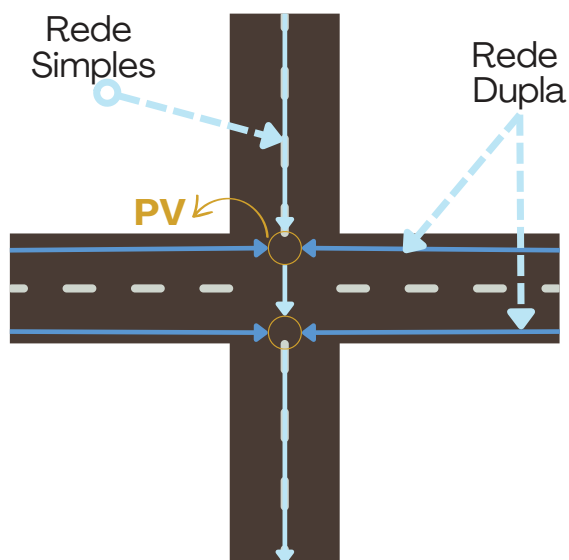
REDE SIMPLES

- Utilizada quando **não** ocorrerem nenhum dos casos referidos para a rede dupla;
- Os coletores de esgoto são locados no eixo do leito carroçável da rua.

REDE DUPLA

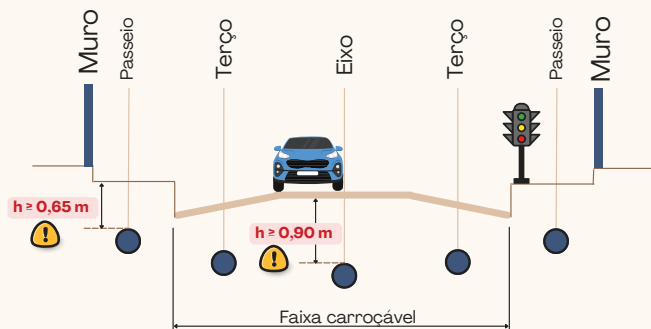
- Utilizada em vias com **tráfego intenso**;
- Vias com **largura ≥ 14 m** (ruas **asfaltadas**);
- Vias com **largura ≥ 18 m** (ruas de **terra**);
- Em trechos com coletores com:
 - diâmetros ≥ 400 mm e/ou;
 - profundidade $> 4,0$ m;
- Vias com interferência (ex.: matacões) que impossibilite o assentamento do coletor no leito carroçável.

REDE SIMPLES E DUPLA



RECOBRIMENTO

O recobrimento **não** deve ser inferior a 0,90 m para coletor assentado no leito da via de tráfego, ou a 0,65 m para coletor assentado no passeio.



Declividade mínima (m/m)

$$I_{\min} = 0,0055 Q_i^{-0,47}$$

Vazão mínima no trecho (L/s)



Satisfaz a condição de **tensão trativa** mínima de 1 Pa.

Declividade máxima (m/m)

$$I_{\max} = 4,65 Q_f^{-0,67}$$

Vazão máxima no trecho (L/s)



Para manter a **velocidade final máxima** em 5 m/s e evitar o efeito abrasivo sobre os tubos.

PARÂMETROS DE PROJETO

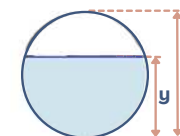
Velocidade de escoamento → **≤ 5 m/s**

Tensão trativa → **≥ 1,0 Pa**

Relação Y / D

velocidade de escoamento ≤ velocidade crítica → **0,75**

velocidade de escoamento > velocidade crítica → **0,50**



PARÂMETROS DE PROJETO

Velocidade crítica (m/s)

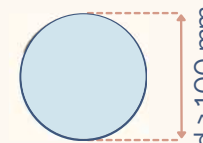
Raio hidráulico (m)

$$V_c = 6 (g \cdot R_H)^{1/2}$$

Aceleração da gravidade (m/s²)

Diâmetro mínimo

O diâmetro mínimo é de DN 100.



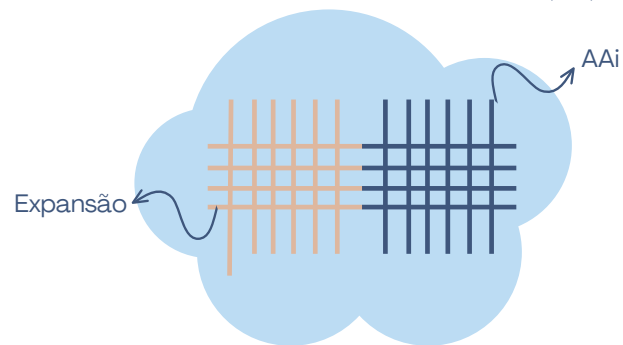
$d \geq 100 \text{ mm}$



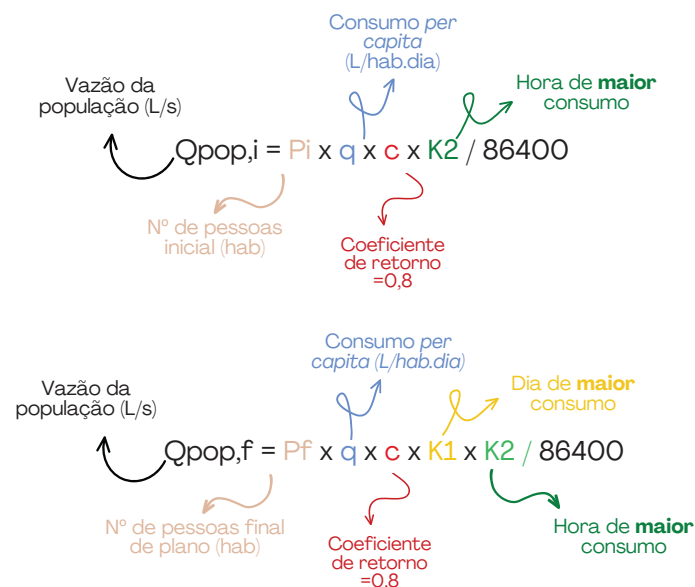
CONTROLE DE REVISÃO

--	--	--	--	--

Passo 01: Definir a área de atendimento inicial (AAi), futura (AAf) e expansão.

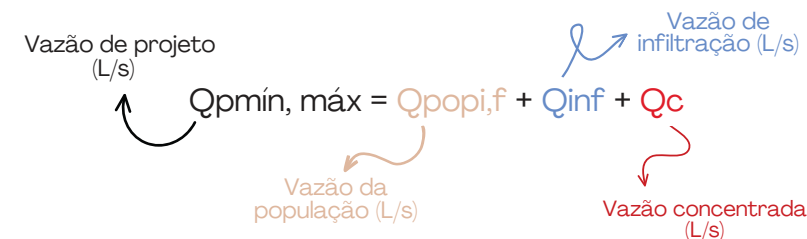


Passo 02: Calcular a população inicial (Pi) e final (Pf) e sua vazão (QPi e QPf)



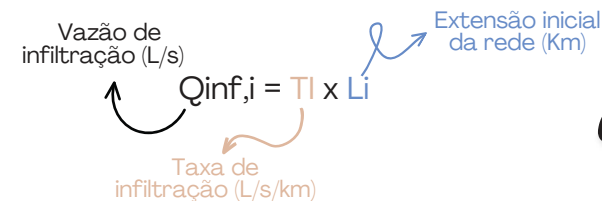
Passo 03: Definir o traçado da rede.

Passo 04: Cálculo das vazões máximas e mínimas de projeto.



Taxa de infiltração (TI)

- Depende das condições locais, como:
 - NA do lençol freático;
 - Tipo de solo;
 - Material da tubulação;
 - Tipo de junta;
 - Qualidade de assentamento dos tubos.
- A NBR 9649 recomenda faixa de 0,05 a 1,0 L/s/km;
- Taxas de infiltração (TI):
 - acima do lençol freático: TI = 0,02 L/s/km;
 - abaixo do lençol freático: TI = 0,10 L/s/km.



Calcular para início e final de plano!

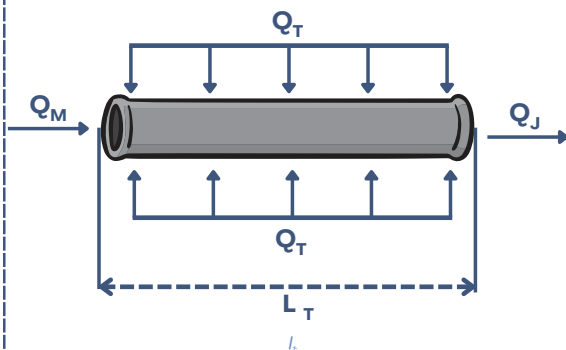
DIMENSIONAMENTO DE TRECHO DE REDES COLETORAS



CONTROLE DE REVISÃO

--	--	--	--	--

Passo 05: Calcular a **taxa de contribuição linear** (T_{xi} , T_{xf}).



Taxa de contribuição linear no início de projeto (L/s.Km)

$$T_{x,i} = \frac{Q_{pop,i}}{L_i} + T_{inf}$$

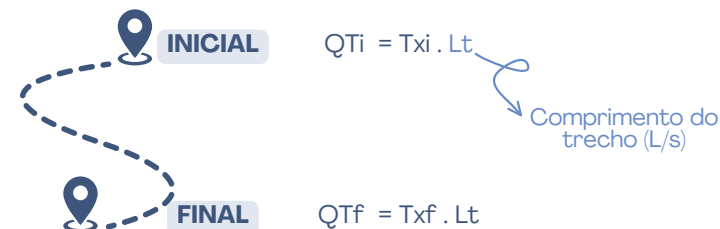
Vazão da população inicial (L/s)
Extensão inicial da rede (Km)
Vazão de infiltração (L/s)

Taxa de contribuição linear no final de projeto (L/s.Km)

$$T_{x,f} = \frac{Q_{pop,f}}{L_i} + T_{inf}$$

Vazão da população inicial (L/s)
Extensão inicial da rede (Km)
Vazão de infiltração (L/s)

Passo 06: Determinar a vazão no trecho (Q_i , Q_f).



Passo 07: Determinar a declividade (I)

Declividade (I)

- A declividade do projeto deve ser **maior ou igual** a declividade mínima ou **igual ou menor** que a declividade máxima.

$$I_{\min} \leq I \leq I_{\max}$$

DIMENSIONAMENTO DE TRECHO DE REDES COLETORAS

Declividade mínima (m/m)

$$I_{\min} = 0,0055 Q_i^{-0,47}$$

Vazão mínima no trecho (L/s)

! Satisfaz a condição de **tensão trativa** mínima de 1 Pa.

Inclinação máxima (m/m)

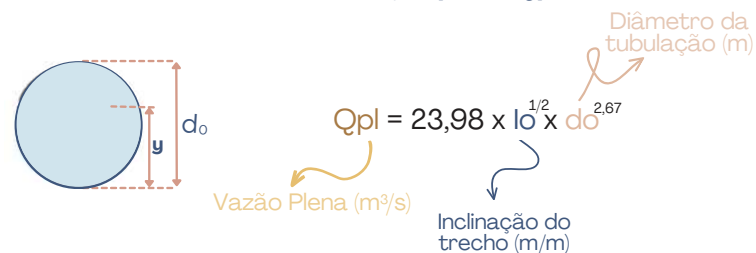
$$I_{\max} = 4,65 Q_f^{-0,67}$$

Vazão máxima no trecho (L/s)

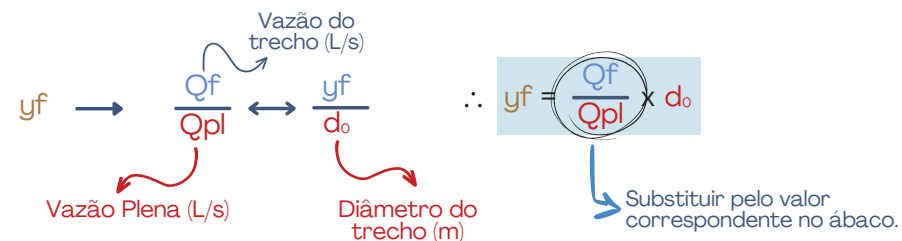
! Para manter a **velocidade final máxima** em 5 m/s.

! Para **rede dupla** deve-se dividir o Q_{pop} por 2L.

Passo 08: Calcular a vazão da **seção plena** (Q_{pl}).

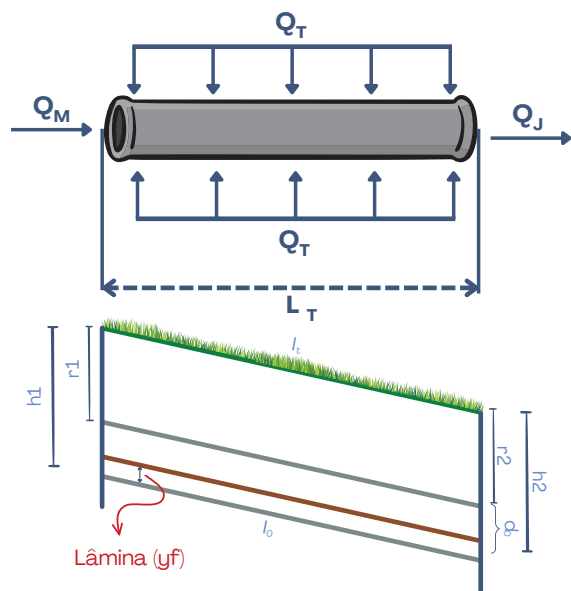


Passo 09: Determinar a lâmina (y_f)

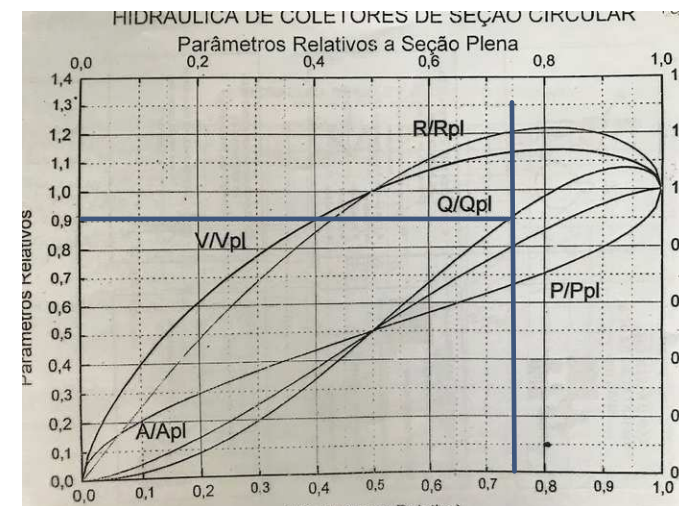


Passo 09: Determinar a lâmina (y_f)

DIMENSIONAMENTO DE TRECHO DE REDES COLETORAS



r1: Recobrimento mínimo.
h1: Profundidade de assentamento da tubulação.



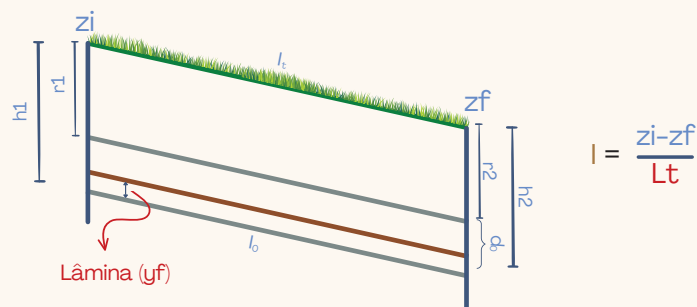
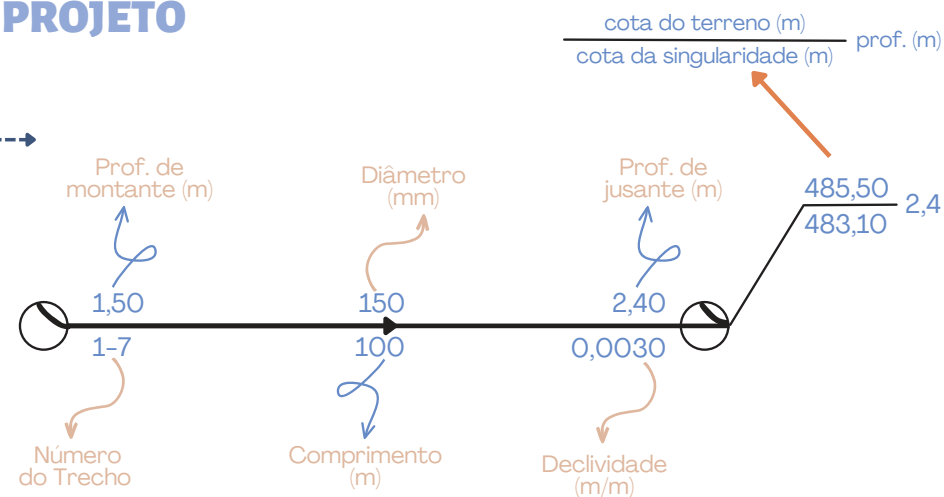
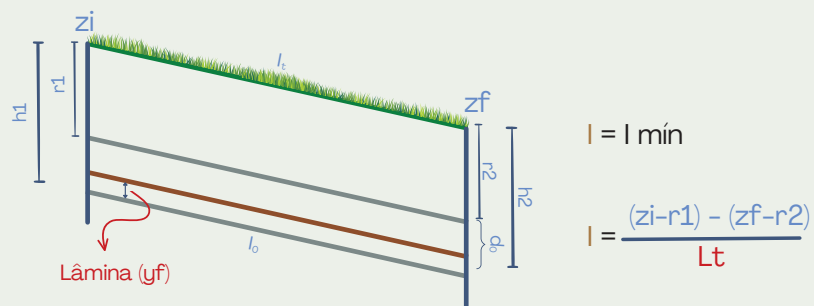


CONTROLE DE REVISÃO

--	--	--	--	--	--

Declividade do trecho = Declividade do terreno

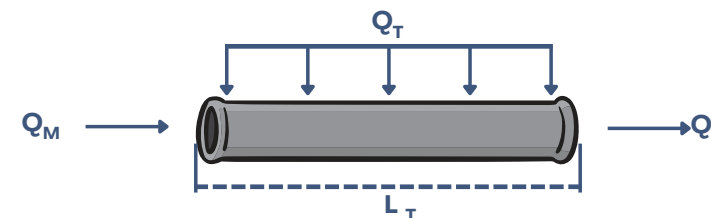
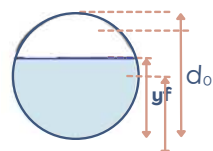
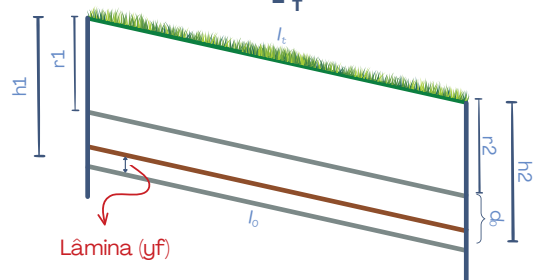
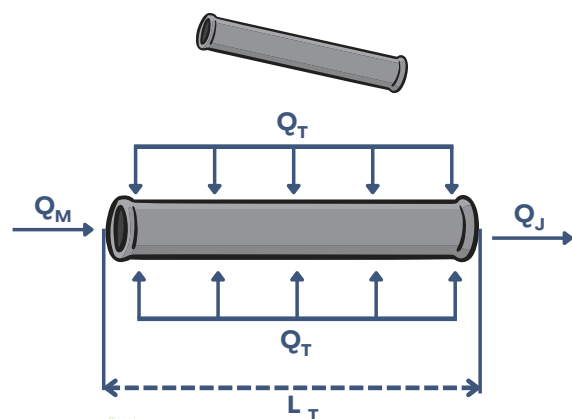
- Coletor a montante está com a profundidade ou recobrimento mínimo ($r_{\min}$);
- Profundidade a montante e a jusante igual ao recobrimento mínimo mais diâmetro da tubulação.

**DECLIVIDADE
LEITURA DE PROJETO****Declividade do terreno < Declividade mínima**



CONTROLE DE REVISÃO

--	--	--	--	--



Vazão de Montante

Vazão de Contribuição no trecho

Vazão de Jusante

$Q_{Mi} = \Sigma$ vazões iniciais de montante + ΣQ_c

$Q_{Ti} = T_{xi} \cdot L_t$

$Q_{Ji} = Q_{Mi} + Q_{Ti}$

$Q_{Mf} = \Sigma$ vazões finais de montante + ΣQ_c

$Q_{Tf} = T_{xf} \cdot L_t$

$Q_{Jf} = Q_{Mf} + Q_{Tf}$

INICIAL

FINAL

$Q_{mín} = 1,5 \text{ L/s}$ (NBR 9649/86)

Q_c = vazões de contribuição singular (hotel, escola, hospital, etc)



CONTROLE DE REVISÃO

☐☐☐☐☐☐

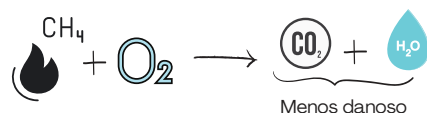
- **Reator UASB** do inglês *Upflow Anaerobic Sludge Blanket* (UASB) ou Reator Anaeróbio de Fluxo Ascendente (RAFA) é um sistema **anaeróbio** de tratamento de esgoto.

CARACTERÍSTICAS

- **Processo anaeróbio** (nível secundário);
- Possui **separador trifásico**;
- **Não** requer **tratamento primário**;
- Biomassa fica suspensa;
- Eficiência de remoção de matéria orgânica em torno de 70%;
- Baixo custo (**não** precisa de aeração);
- Lodo estabilizado;
- Pequena área de implantação;
- Produção de **metano** (CH₄);
- Produção de **gás sulfídrico** (H₂S).

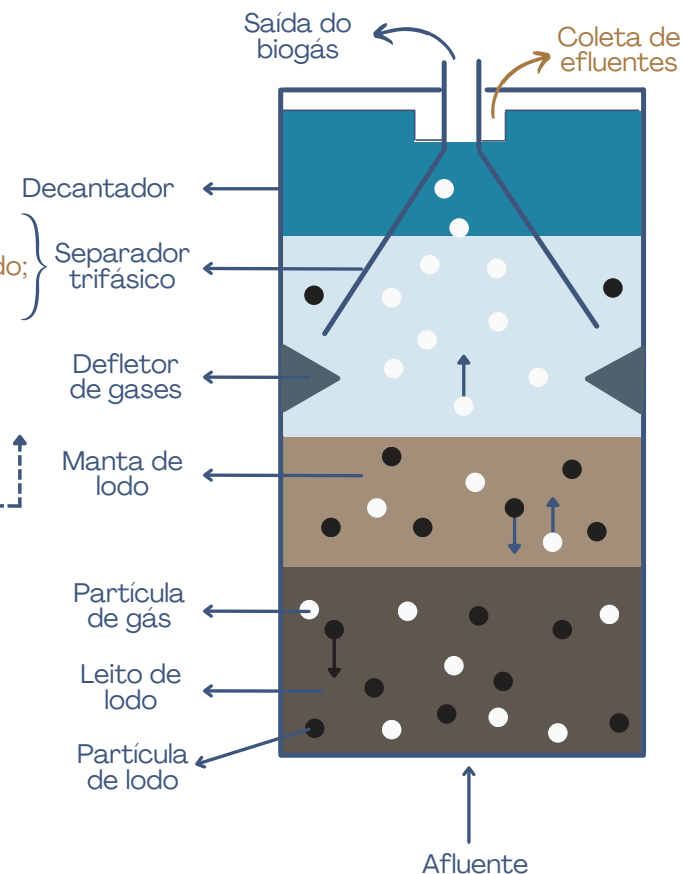


O **metano** (CH₄) produzido pela decomposição anaeróbia da matéria orgânica no UASB pode ser utilizado como combustível e **geração de energia elétrica**. Se o metano **não** for aproveitado para a geração de energia, **ele deve ser queimado**, pois o metano é um gás de efeito estufa.



REATOR UASB

- Sólidos (lodo);
- efluente tratado;
- gases (biogás).

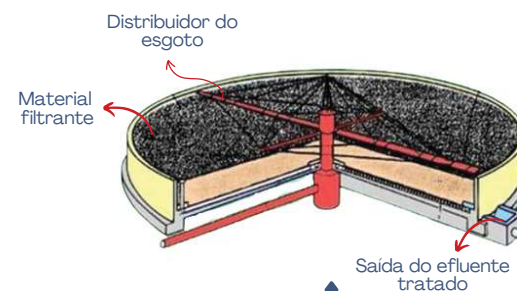


Filtros biológicos são um sistema de **tratamento secundário** que consiste em um reservatório preenchido com material granular que servirá de **meio suporte** para o crescimento de **biomassa fixa**, formando um biofilme na superfície deste material.



FILTRO BIOLÓGICO PERCOLADOR (FBP)

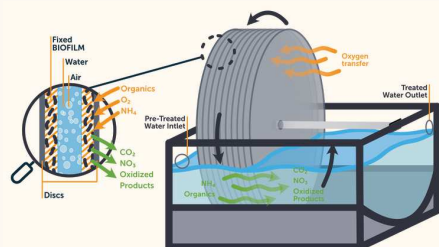
O material suporte **não** fica submerso no esgoto, sendo o esgoto lançado sobre o material granular, percolando através dos espaços vazios;



- Tratamento **aeróbio**;
- Material granular serve para suporte da biomassa;
- Meio suporte **não** fica submerso.

BIODISCOS

- Meio suporte **parcialmente** submerso;
- Sistema aeróbio.



FILTROS BIOLÓGICOS

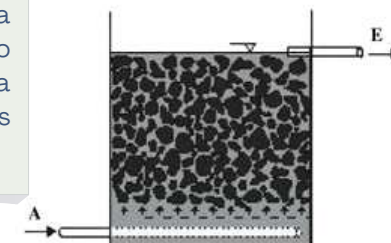
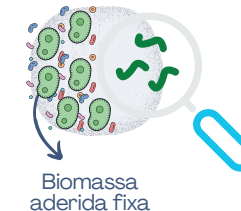
BIOFILTROS AERADOS SUBMERSOS

Material suporte fica **totalmente submerso** no esgoto e é aplicada **aeração mecânica** para fornecer oxigênio aos microrganismos presentes.

FILTROS ANAERÓBIOS

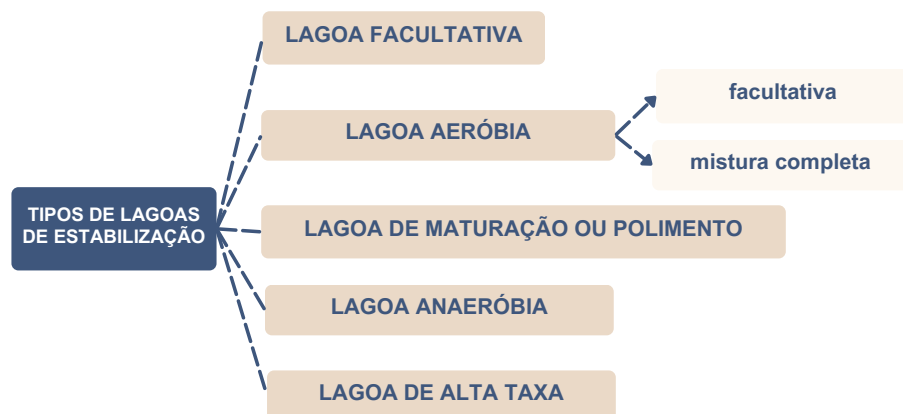
material suporte fica **totalmente submerso** no esgoto e a decomposição da matéria orgânica ocorre em condições anaeróbias (sem oxigênio).

Meio suporte



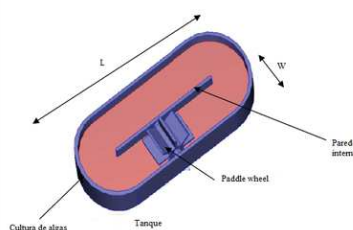
As **lagoas de estabilização** consistem em sistemas de **tratamento secundário** ou **terciário**, podendo o processo de tratamento ser **anaeróbio**, **aeróbio** ou misto;

TIPOS DE LAGOAS DE ESTABILIZAÇÃO



LAGOA DE ALTA TAXA

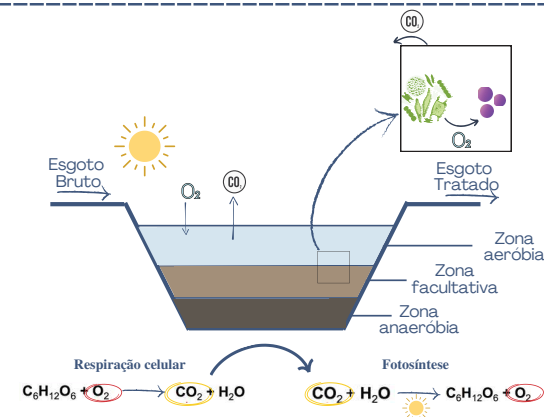
- É utilizado no **tratamento terciário** (remoção de nutrientes);
- Contribui para a **remoção de organismos patogênicos** (radiação solar);
- Pequenas profundidades ($h=10-50$ cm);
- Favorece o **crescimento de algas**.



Fonte: Adler, Paiva e Lima (2018)

LAGOAS DE ESTABILIZAÇÃO

LAGOA FACULTATIVA



- É utilizado no **tratamento secundário** (remoção de matéria orgânica);
- Possui três zonas, a saber: aeróbia (superficial - presença de oxigênio), facultativa, anaeróbia (ausência de oxigênio);
- Profundidade: 1,5 a 3,0 m;
- A maior parte do oxigênio vem da **fotossíntese das algas**.

LAGOA FACULTATIVA

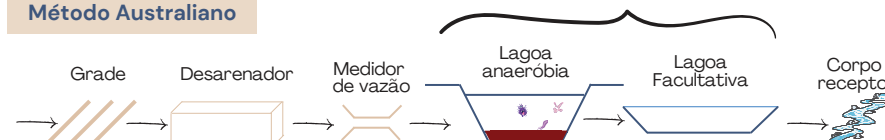
PRIMÁRIA

Recebem o esgoto bruto após o tratamento preliminar.

SECUNDÁRIA

Recebem o efluente de uma lagoa a montante, geralmente, anaeróbia.

Método Australiano



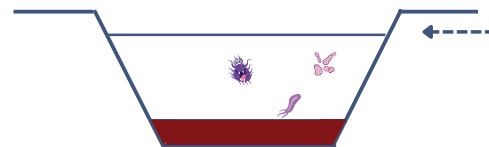


CONTROLE DE REVISÃO

--	--	--	--	--	--

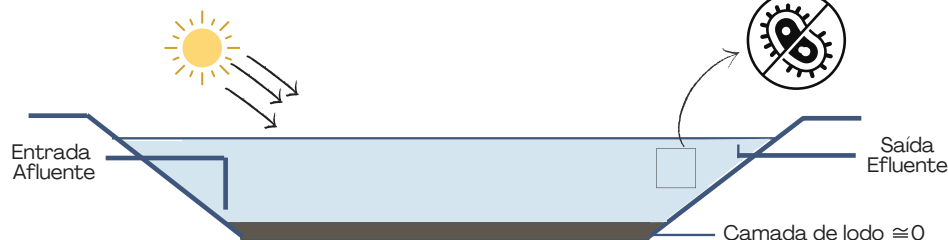
LAGOA ANAERÓBIA

- Decomposição da matéria orgânica por **processos anaeróbios**;
- Tratamento **secundário**;
- Maior profundidade (3,0–5,0 m);
- Recebem carga orgânica elevada;
- Possuem área de implantação e TDH inferior às lagoas facultativas;
- Geração de **mau** odor.



LAGOA DE MATURAÇÃO OU POLIMENTO

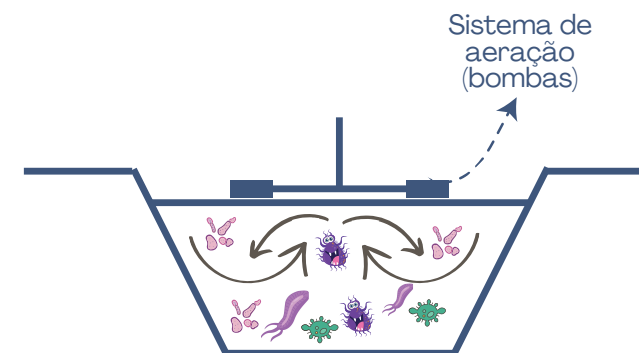
- É utilizado no **tratamento terciário** (remoção de organismos patogênicos);
- Eficiente na remoção de **ovos de helmintos**;
- Processo **aeróbio**;
- Profundidade: 0,8 a 1,5 m;
- Desinfecção por radiação solar.



LAGOAS DE ESTABILIZAÇÃO

LAGOA AERADA

- Decomposição da matéria orgânica por **processos aeróbios**;
- Maiores gastos de energia devido ao sistema de **inflar ar**.



LAGOA AERADA

FACULTATIVA

Semelhante a **lagoa facultativa** convencional

Aeração fornecida por **equipamentos aeradores**.

MISTURA COMPLETA

Aeração intensa que mantém a massa líquida em turbulência e os sólidos em suspensão.

O tratamento biológico de esgoto por **lodos ativados** é um processo aeróbio em que a decomposição da matéria orgânica presente no esgoto é realizada por biomassa suspensa.

DESvantagem

- Elevada demanda **elétrica** (bombas de aeração);
- Elevado nível de mecanização (aeração mecânica, sistema de recirculação de lodo);
- Requer **mão de obra qualificada**.

TIPOS DE REATORES

LODOS ATIVADOS CONVENCIONAL

LODOS ATIVADOS DE AERAÇÃO PROLONGADA

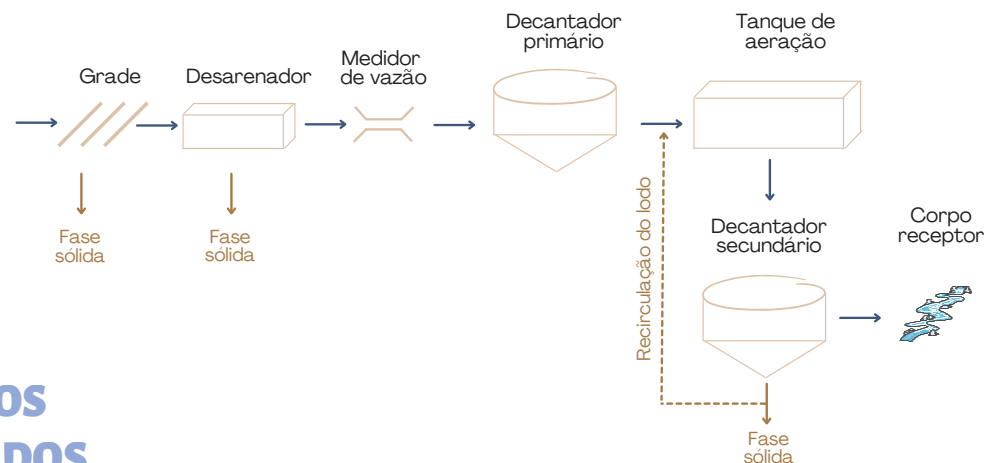
BATELADA

LODOS ATIVADOS

LODOS ATIVADOS CONVENCIONAL

- O processo biológico que ocorre dentro do **tanque** é todo aeróbio;
- A aeração no **tanque** tem dois propósitos principais: **fornecer oxigênio** aos microrganismos presentes (biomassa) e **evitar a sedimentação** dos flocos bacterianos no efluente;
- **Decantador secundário**: ocorre a separação do lodo/efluente;
- **Recirculação do lodo**: aumentar a concentração de microrganismos para estabilizar a matéria orgânica;
- O **efluente tratado** é descartado, enquanto o excesso de lodo é removido periodicamente. O lodo passa por adensamento e desaguamento.

LODOS ATIVADOS CONVENCIONAL



Parte da matéria orgânica é retirada **antes** do tanque de aeração, através do **decantador primário**. Assim, há no sistema de aeração convencional o sistema de **tratamento primário**. Este sistema necessita de uma etapa para a estabilização do lodo (ocorre nos biodigestores).



Principais características:

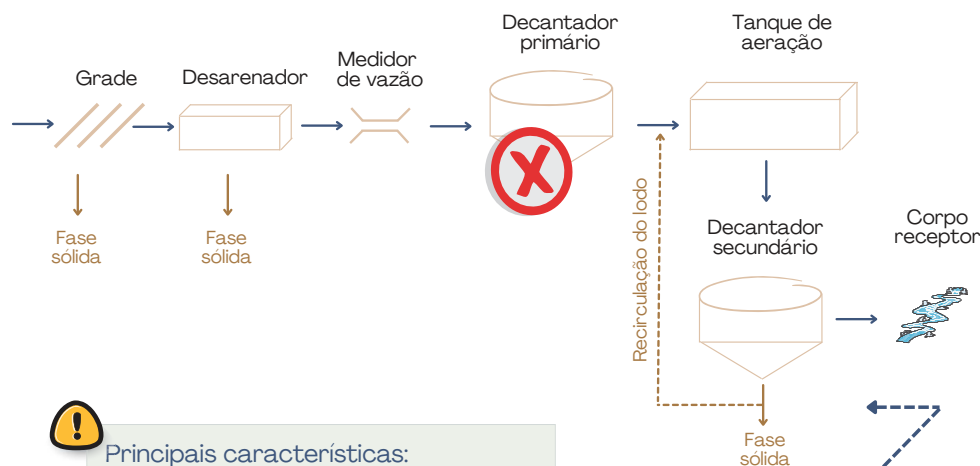
- Idade do lodo: 4 a 10 dias;
- Tempo de detenção hidráulica: 6 a 8 horas;
- Relação F/M: 0,25 a 0,50.



CONTROLE DE REVISÃO

--	--	--	--	--

LODOS ATIVADOS DE AERAÇÃO PROLONGADA



Principais características:

- Idade do lodo: 18 a 30 dias;
- Tempo de detenção hidráulico: 16 a 24 horas;
- Relação A/M: 0,07 a 0,15.



- Nesse sistema **não** há a necessidade de **decantador primário**;
- A estabilização da **matéria orgânica** é feita no próprio reator (devido a idade de lodo). **Não** havendo a necessidade de um biodigestor.

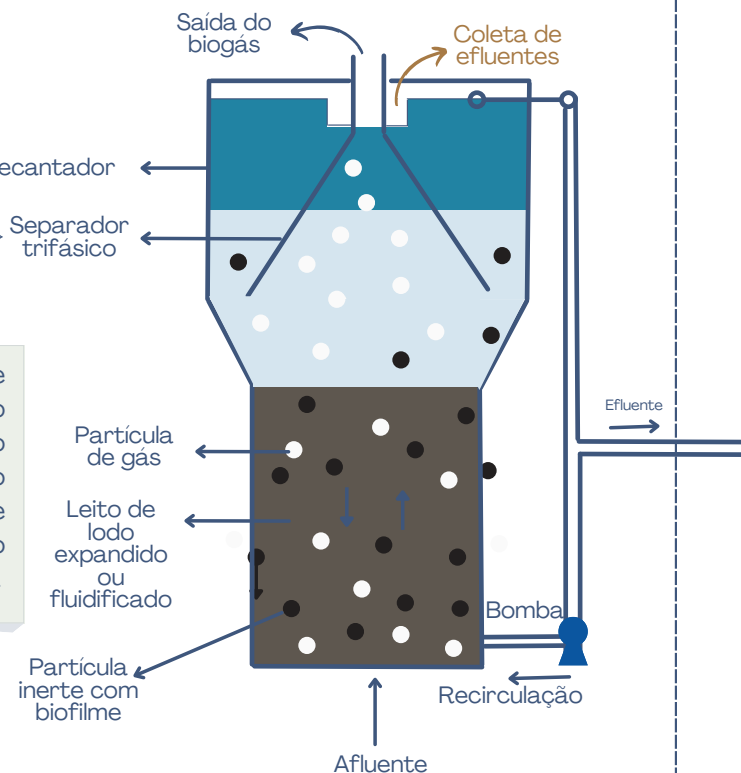
LODOS ATIVADOS E UASB DE LEITO EXPANDIDO



- Partículas de areia e de carvão ativado geralmente são utilizadas como suporte de biofilme em reatores de leito expandido/fluidificado.

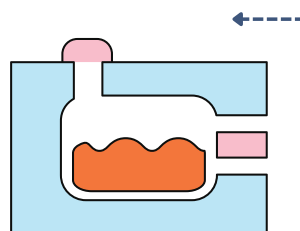
- Sólidos (lodo);
- efluente tratado;
- gases (biogás).

Separador trifásico



Tanque séptico (TS) pode ser definido como unidade cilíndrica ou prismática retangular de fluxo horizontal, para tratamento de esgotos por processos de sedimentação, flotação e digestão.

Processos no sistema de tanque séptico			
Processo	Sedimentação (físico)	Flotação (físico)	Digestão (biológico)
Objetivo	Remoção dos sólidos suspensos (gravidade)	Remoção de materiais flutuantes como <u>óleos e gorduras</u> (escuma)	Decomposição da <u>matéria orgânica</u>



- ⚠
- **NBR 7229** - Projeto, construção e operação de sistemas de tanques sépticos;
 - **NBR 13969** - Tanques sépticos - Unidades de tratamento complementar e disposição final dos efluentes líquidos - Projeto, construção e operação.

DISTÂNCIAS MÍNIMAS DO TANQUE SÉPTICO



1,5 M

- CONSTRUÇÕES;
- RAMAL PREDIAL DE ABASTECIMENTO DE ÁGUA;
- LIMITES DE TERRENO;
- POÇOS ABSORVENTES E;
- VALAS DE INFILTRAÇÃO;



3,0 M

- ÁRVORES;
- REDE DE ABASTECIMENTO PÚBLICO DE ÁGUA.



15,0 M

- CISTERNAS (POÇOS FREÁTICOS);
- CORPOS D'ÁGUA.



ELEMENTOS COMPLEMENTARES

Os elementos complementares ao tanque séptico são utilizados para **auxiliar** no tratamento do esgoto e realizar a disposição final do efluente tratado, a qual pode ser realizada pelo lançamento em um corpo hídrico ou pela infiltração do esgoto no solo.

Tanque séptico

Esgoto
afluente

TS

Esgoto
efluente

Pós-tratamento

- **Filtro anaeróbio**;
- Filtro aeróbio submerso;
- Lodo ativado por batelada;
- **Vala de filtração**;
- Filtro de areia;
- Desinfecção.

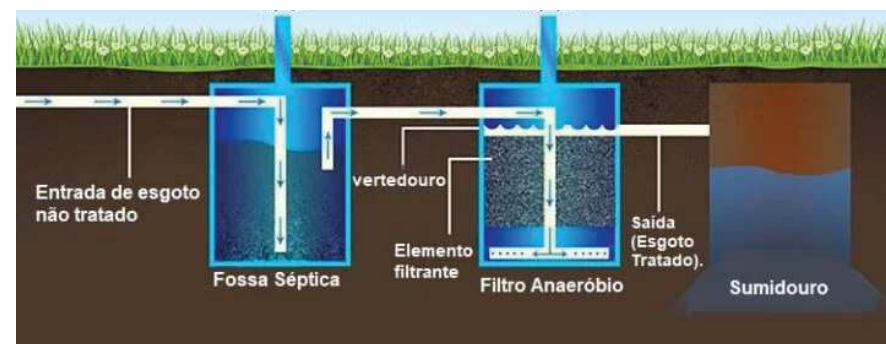
- Digestão anaeróbia;
- Desidratação;
- Compostagem;
- Estabilização química.

Disposição final

- **Vala de infiltração**;
- Canteiro de infiltração /evapotranspiração;
- Galeria de águas pluviais;
- Corpos de água;
- **Sumidouro**;
- Reuso.

- Campo;
- Incineração;
- Aterro sanitário.

TANQUE SÉPTICO



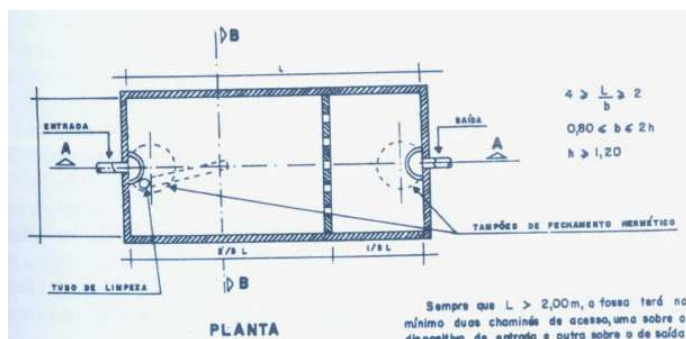
Fonte: <https://andraders.com/limpeza-de-filtro/>

CÁLCULO DO VOLUME DO TANQUE SÉPTICO

O volume útil total do **tanque séptico** deve ser calculado pela fórmula:

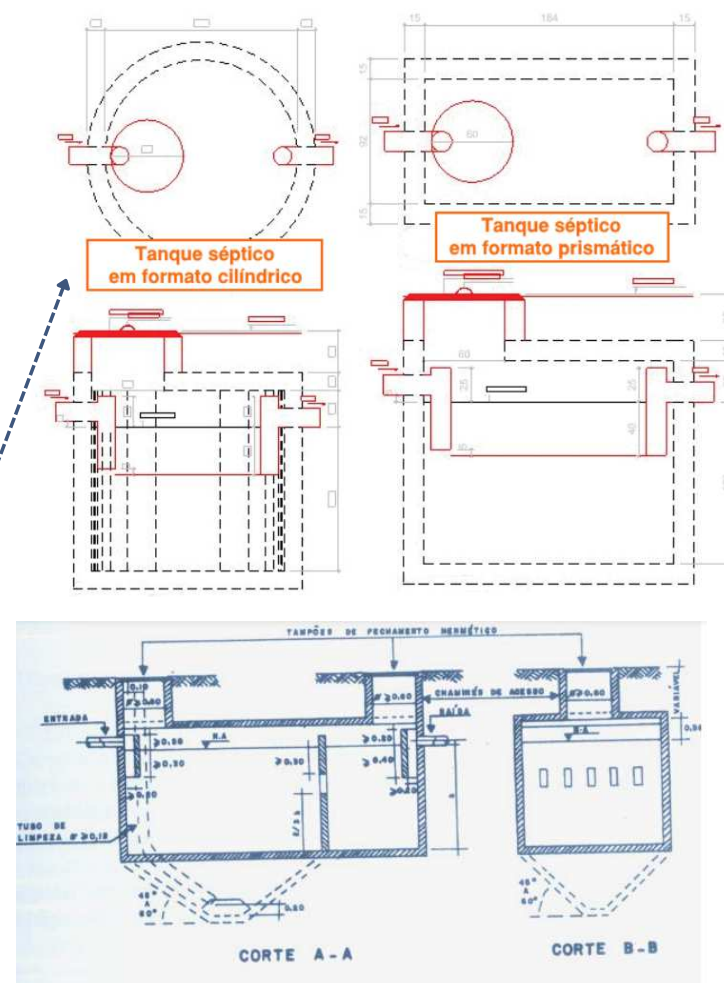
$$V = 1000 + N(C.T + K.L_f)$$

- V = volume útil do tanque séptico (L);
- N = número de pessoas atendidas;
- C = geração de esgoto per capita (contribuição de despejos) (L/(hab.dia)) - (ver **Tabela 1** da NBR 7229);
- T = período de retenção do esgoto no tanque séptico (dias) - (ver **Tabela 2** da NBR 7229);
- K = taxa de acumulação de lodo digerido (dias) - (ver **Tabela 3** da NBR 7229);
- L_f = contribuição de lodo fresco (L/(hab.dia)) - (ver **Tabela 1** da NBR 7229).



TANQUE SÉPTICO

TANQUE SÉPTICO DE CÂMARAS EM SÉRIE



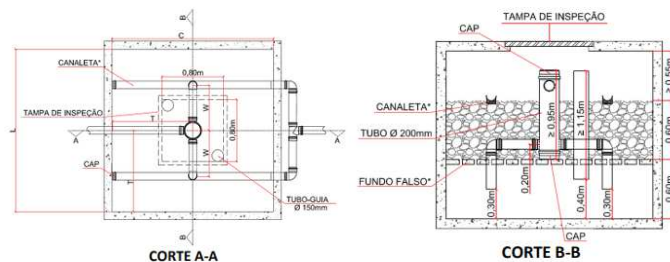
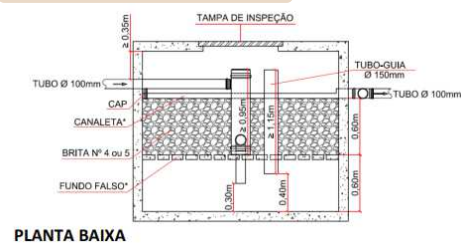
CÁLCULO DO VOLUME DO FILTRO ANAERÓBIO

O volume útil total do **filtro anaeróbio** deve ser calculado pela fórmula:

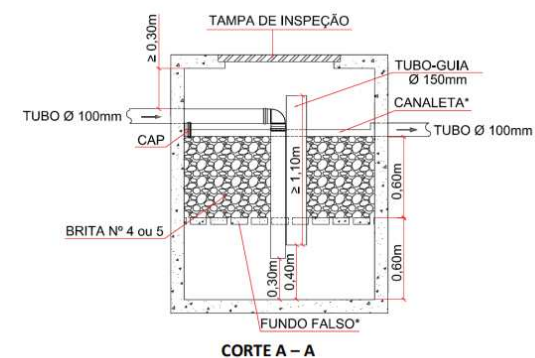
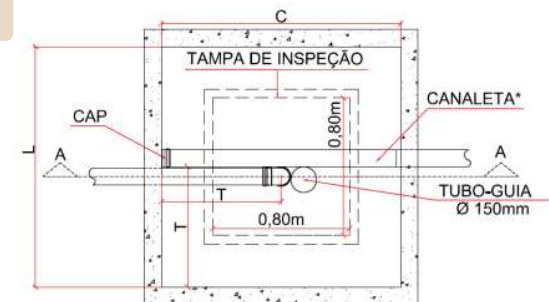
$$V_u = 1,6 NCT$$

- V = volume útil do filtro anaeróbio (L);
- N = número de pessoas atendidas;
- C = geração de esgoto per capita (contribuição de despejos) (L/(hab.dia)) - (ver **Tabela 3** da NBR 13969);
- T = período de detenção do esgoto no filtro anaeróbio (dias) - (ver **Tabela 4** da NBR 13969).

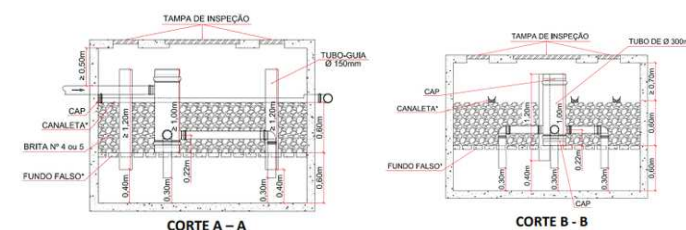
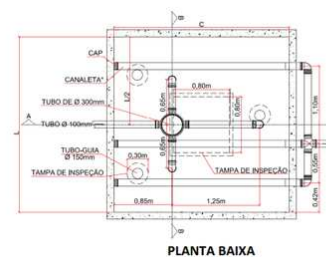
FILTRO ANAERÓBIO TIPO 2



FILTRO ANAERÓBIO TIPO 1



FILTRO ANAERÓBIO TIPO 3



FILTRO ANAERÓBIO



CONTROLE DE REVISÃO

--	--	--	--	--

CÁLCULO DA ÁREA TOTAL DO SUMIDOURO

A área total de infiltração do **sumidouro** deve ser calculado pela fórmula:

$$A = Q / C_i$$

- Q = contribuição diária (L/dia);
- C_i = coeficiente de infiltração/percolação ou taxa máxima de aplicação diária (L/m² x dia).

SUMIDOURO

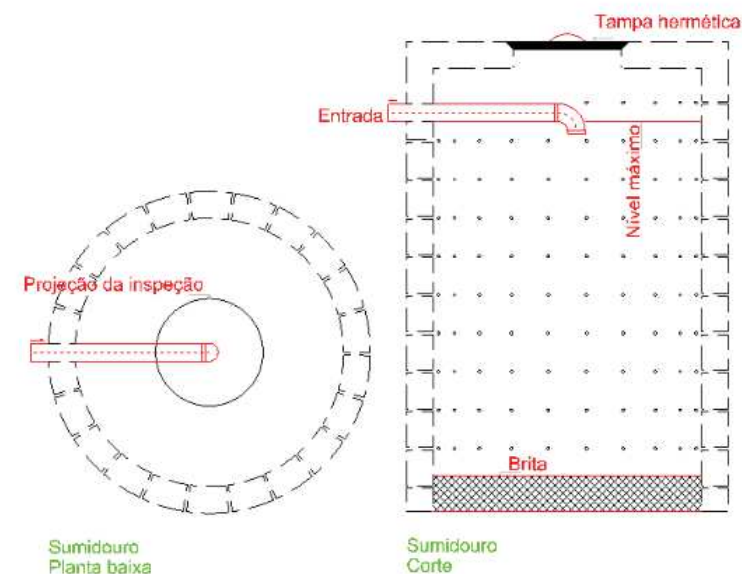
CÁLCULO DO SUMIDOURO

As dimensões do sumidouro deve ser calculado pela fórmula::

$$A_i = A_{\text{lateral}} + A_{\text{fundo}}$$

- A lateral = área da lateral (se for formato cilíndrico, área de cilindro, se for retangular, área das paredes);
- A fundo = área do fundo do sumidouro (pode ser círculo ou quadrado, calcular área respectiva)

Sumidouro pode ser definido como um poço escavado no solo, destinado à depuração e disposição final do esgoto no nível subsuperficial.





SUBPRODUTOS SÓLIDOS

- Os principais problemas ocasionados pela ausência de gerenciamento dos subprodutos sólidos em ETE são:
 - Gradeado e peneirado: Atração de insetos e roedores, além da liberação de mau odor;
 - Areia e detritos: Formação de gases odorantes e prováveis entupimentos e/ou acúmulos nas unidades de ETE;
 - Gordura e Escuma: Deterioração na qualidade do efluente tratado e do biossólido a ser disposto;
 - Lodo: Risco de contaminação ao ambiente em virtude da presença de microrganismos patogênicos quando o lodo não está devidamente higienizado.
- É importante notar que no caso da maioria dos tanques sépticos e de pequenos sistemas de tratamento de esgotos dispensam-se grades e peneiras, sendo esse material incorporado ao lodo dos tanques sépticos.



DESTINAÇÃO FINAL DOS SUBPRODUTOS DO TRATAMENTO DO ESGOTO SANITÁRIO

LODO

Os principais tipos de lodo a serem gerenciados:

- lodo primário: constituído pelos sólidos sedimentáveis do esgoto bruto, oriundo dos tanques sépticos e
- lodo secundário: proveniente do reator biológico existente na ETE; resulta de uma mistura de sólidos não biodegradáveis existentes no esgoto bruto e da massa de microrganismos existente no próprio reator biológico. O lodo secundário pode ser de natureza aeróbia ou anaeróbia.

Disposição final: Aterros sanitários; Incineração; Usos agrícolas (aplicação no solo, restauração de terras, reflorestamento); Reúso industrial (produção de agregado leve para construção civil, incorporação do lodo à fabricação de cimento e produtos cerâmicos); Lançamento no oceano.

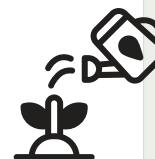
Para alcançar níveis aceitáveis desses aspectos para uma destinação segura, é preciso que o lodo passe por uma série de **etapas de tratamento e higienização**.



EFLUENTE TRATADO

Lavrador Filho (1987) sugere a seguinte terminologia para descrever as diversas possibilidades de reúso da água:

- Reúso indireto não planejado: ocorre quando a água já utilizada é descarregada no meio ambiente, portanto sendo diluída, e novamente utilizada a jusante de maneira não intencional - Geralmente é isso que ocorre.
- Reúso indireto planejado: ocorre quando os efluentes, depois de convenientemente tratados, são descarregados de forma planejada nos cursos d'água superficiais ou subterrâneos, para serem utilizados a jusante de forma intencional e controlada, no intuito de algum uso benéfico.
- Reúso direto planejado: ocorre quando os efluentes, depois de convenientemente tratados, são encaminhados diretamente ao local de reúso.



BIOGÁS

- A partir da digestão anaeróbia existe sempre uma geração de gases, a que geralmente tem-se denominado de biogás;
- O biogás é composto por uma mistura de gases, tendo como principal constituinte o metano (CH₄);
- Rotas de recuperação e **conversão do biogás** dentro de uma estação de tratamento de esgoto: **queima direta** para recuperação de calor e a **conversão em eletricidade e calor**.





CONTROLE DE REVISÃO

--	--	--	--	--

CÁLCULO DO VOLUME DO FILTRO ANAERÓBIO

O volume útil total do **filtro anaeróbio** deve ser calculado pela fórmula:

$$V_u = 1,6 NCT$$

- V = volume útil do filtro anaeróbio (L);
- N = número de pessoas atendidas;
- C = geração de esgoto per capita (contribuição de despejos) (L/(hab.dia)) - (ver **Tabela 3** da NBR 13969);
- T = período de retenção do esgoto no filtro anaeróbio (dias) - (ver **Tabela 4** da NBR 7229).

**TANQUE
SÉPTICO**

