



**ABNT-Associação  
Brasileira de  
Normas Técnicas**

Sede:  
Rio de Janeiro  
Av. Treze de Maio, 13 - 28º andar  
CEP 20003-900 - Caixa Postal 1680  
Rio de Janeiro - RJ  
Tel.: PABX (21) 210-3122  
Fax: (21) 220-1762/220-6436  
Endereço Eletrônico:  
www.abnt.org.br

Copyright © 1997,  
ABNT-Associação Brasileira  
de Normas Técnicas  
Printed in Brazil/  
Impresso no Brasil  
Todos os direitos reservados

SET 1997

NBR 13969

# Tanques sépticos - Unidades de tratamento complementar e disposição final dos efluentes líquidos - Projeto, construção e operação

Origem: Projeto 02:144.07-002:1996  
CB-02 - Comitê Brasileiro de Construção Civil  
CE-02:144.07 - Comissão de Estudo de Instalação Predial de Tanques Sépticos  
NBR 13969 - Septic tank - Units for treatment and disposal of liquid effluents - Project, construction and operation  
Descriptor: Septic tank  
Válida a partir de 30.10.1997

Palavra-chave: Tanque séptico

60 páginas

## Sumário

- Prefácio
- Introdução
- 1 Objetivo
- 2 Referências normativas
- 3 Definições, símbolos e abreviaturas
- 4 Tratamento complementar dos efluentes de tanque séptico
- 5 Disposição final dos efluentes de tanque séptico
- 6 Amostragem para análise do desempenho e do monitoramento

## ANEXOS

- A Procedimento para estimar a capacidade de percolação do solo (K)
- B Figuras referentes à instalação
- C Referências bibliográficas
- D Figuras referentes a dados climatológicos

## Prefácio

A ABNT - Associação Brasileira de Normas Técnicas - é o Fórum Nacional de Normalização. As Normas Brasileiras, cujo conteúdo é de responsabilidade dos Comitês Brasileiros (CB) e dos Organismos de Normalização Setorial (ONS), são elaboradas por Comissões de Estudo (CE), formadas por representantes dos setores envolvidos, delas fazendo parte: produtores, consumidores e neutros (universidades, laboratórios e outros).

Os Projetos de Norma Brasileira, elaborados no âmbito dos CB e ONS, circulam para Votação Nacional entre os associados da ABNT e demais interessados.

Esta Norma faz parte de uma série de três normas referentes ao "Sistema de tratamento de esgotos", sendo a primeira desta série a NBR 7229:1993 - Projeto, construção e operação de sistemas de tanques sépticos.

Esta Norma complementa a parte referente ao tratamento e disposição dos efluentes de tanques sépticos da NBR 7229:1993, que contemplava transitoriamente este assunto em seu anexo B, até a edição da presente Norma.

As alternativas para tratamento e disposição dos efluentes dos tanques sépticos foram revistas, ampliadas e detalhadas, assim como foram incluídas outras alternativas para possibilitar a adequação da qualidade do efluente para situações as mais diversas e exigentes possíveis, se for necessário.

A terceira norma, em fase de elaboração, cujo título é "Tratamento e disposição final de sólidos do sistema de tanque séptico", vai completar o assunto, abrangendo, desta forma, todos os aspectos de tratamento no sistema local de tratamento de esgotos.

Esta Norma inclui os anexos A e B, de caráter normativo, e os anexos C e D, de caráter informativo.

## Introdução

Esta Norma foi elaborada para oferecer aos usuários do sistema local de tratamento de esgotos, que têm tanque séptico como unidade preliminar, alternativas técnicas consideradas viáveis para proceder ao tratamento complementar e disposição final do efluente deste. Em

decorrência das necessidades de saneamento básico efetivo das áreas não abrangidas por sistema de rede coletora e tratamento de esgotos de porte, da proteção do meio ambiente e do manancial hídrico, tornou-se imperativo oferecer opções coerentes com aquelas necessidades. Isto não impede que um fabricante ou usuário desenvolva outros processos mais compactos, econômicos e eficientes, como, por exemplo, já incorporando tanque anaeróbio em substituição ao tanque séptico; reator biológico o qual faz uso da membrana filtrante para obtenção direta do efluente para reuso; sistema incorporando aproveitamento de biogás; sistema de desinfecção por ultravioleta compacto etc., desde que devidamente comprovados.

As alternativas aqui apresentadas foram detalhadas e explicadas. No entanto, o usuário não pode eximir-se da responsabilidade de verificação de alguns aspectos técnicos por ocasião do estudo para implantação do sistema, tais como os dados sobre vazões reais a serem tratadas, as características do esgoto, do solo, do nível aquífero, das condições climáticas locais etc., quando for o caso.

De modo geral, em um sistema de tratamento de esgotos, os custos de implantação e de operação são proporcionais ao volume de esgoto a ser tratado. Além disso, como regra geral, quanto mais concentrado é o esgoto, mais fácil é o seu processo de depuração.

Sendo assim, no planejamento do sistema de tratamento de esgotos, é de fundamental importância a redução do seu volume. Isto exige, freqüentemente, a mudança de procedimento nas atividades consumidoras de água, no hábito dos usuários, na adoção de equipamentos e dispositivos sanitários que demandem menos água para funcionamento, tais como torneiras com menor vazão e mesmo poder de lavagem, vasos sanitários com volume menor de água necessária, no reuso das águas antes do seu lançamento ao sistema de tratamento, etc.

Diante da escassez dos recursos hídricos facilmente exploráveis, o atendimento da população das áreas urbanas com água potável em abundância está sendo tarefa cada vez mais difícil de ser cumprida.

Com a crescente pressão demográfica, uma das alternativas para contornar este problema é, sem dúvida, o reuso de esgoto, sendo esta a política que deve ser seguida tanto no setor produtivo, para o qual prevê-se sensível elevação do custo de água no futuro próximo, quanto pela população em geral.

Com um bom planejamento, pode-se obter, não raras vezes, uma redução de até 50% no volume de esgoto. O benefício de redução do volume de esgoto se estende a todas as alternativas técnicas de tratamento, mais especialmente nos casos de sistemas de disposição final por valas de infiltração, sumidouros e canteiros de evapotranspiração.

É igualmente importante que sejam avaliados padrões de emissão estabelecidos nas leis, necessidade de proteção do manancial hídrico da área circunvizinha, disponibilidade da água etc., para seleção das alternativas que compõem o sistema local de tratamento de esgotos. As mesmas observações relativas ao consumo de água valem para determinados poluentes, cuja tecnologia para

sua remoção ainda é onerosa (por exemplo: fósforo). A substituição de determinados produtos (detergentes) por outros que contenham menor teor daquela substância tem mais eficácia em evitar a poluição do que operar um sistema complexo para sua remoção e reduz o custo de tratamento.

Também constam informações acerca de temperaturas médias e índices pluviométricos das regiões do Brasil (ver anexo D), de modo que o usuário possa obter noções rápidas sobre aqueles dados, uma vez que diversos processos são afetados pelos fatores climáticos. No entanto, para locais mais críticos, tais como a região sul, o usuário deve obter informações mais detalhadas da área onde se pretende implantar o sistema, de modo a assegurar o seu funcionamento adequado.

A aplicação correta desta Norma constitui uma alternativa paralela e confiável ao sistema convencional de saneamento, e contribui para a evolução do saneamento básico e proteção ao nosso meio ambiente.

## 1 Objetivo

Esta Norma tem por objetivo oferecer alternativas de procedimentos técnicos para o projeto, construção e operação de unidades de tratamento complementar e disposição final dos efluentes líquidos de tanque séptico, dentro do sistema de tanque séptico para o tratamento local de esgotos. As alternativas aqui citadas devem ser selecionadas de acordo com as necessidades e condições locais onde é implantado o sistema de tratamento, não havendo restrições quanto à capacidade de tratamento das unidades. Conforme as necessidades locais, as alternativas citadas podem ser utilizadas complementarmente entre si, para atender ao maior rigor legal ou para efetiva proteção do manancial hídrico, a critério do órgão fiscalizador competente.

## 2 Referências normativas

As normas relacionadas a seguir contêm disposições que, ao serem citadas neste texto, constituem prescrições para esta Norma. As edições indicadas estavam em vigor no momento desta publicação. Como toda norma está sujeita a revisão, recomenda-se àqueles que realizam acordos com base nesta que verifiquem a conveniência de se usarem as edições mais recentes das normas citadas a seguir. A ABNT possui a informação das normas em vigor em um dado momento.

NBR 11799:1990 - Material filtrante - Areia, antracito e pedregulho - Especificação

NBR 11887:1991 - Hipoclorito de cálcio - Especificação

## 3 Definições, símbolos e abreviaturas

Para os efeitos desta Norma, aplicam-se as seguintes definições.

**3.1 sistema local de tratamento de esgotos:** Sistema de saneamento onde as distâncias entre as fontes geradoras de esgotos, seu tratamento e disposição final são próximas entre si, não necessitando normalmente de rede coletora extensa, coletor-tronco, poços de visita, emissários, elevatórias etc.

**3.2 reuso local de esgoto tratado:** Utilização local do esgoto tratado para diversas finalidades, exceto para o consumo humano.

**3.3 reator biológico:** Unidade que concentra microorganismos e onde ocorrem as reações bioquímicas responsáveis pela remoção dos componentes poluentes do esgoto.

**3.4 filtro anaeróbio de leito fixo com fluxo ascendente; filtro anaeróbio:** Reator biológico com esgoto em fluxo ascendente, composto de uma câmara inferior vazia e uma câmara superior preenchida de meio filtrante submersos, onde atuam microorganismos facultativos e anaeróbios, responsáveis pela estabilização da matéria orgânica.

**3.5 filtro aeróbio submerso; filtro aeróbio:** Reator biológico composto de câmara reatora contendo meio filtrante submerso, basicamente aeróbia, onde ocorre a depuração do esgoto, e a câmara de sedimentação, onde os flocos biológicos são sedimentados e retornados para a câmara reatora.

**3.6 filtro de areia:** Tanque preenchido de areia e outros meios filtrantes, com fundo drenante e com esgoto em fluxo descendente, onde ocorre a remoção de poluentes, tanto por ação biológica quanto física.

**3.7 vala de filtração:** Vala escavada no solo, preenchida com meios filtrantes e provida de tubos de distribuição de esgoto e de coleta de efluente filtrado, destinada à remoção de poluentes através de ações físicas e biológicas sob condições essencialmente aeróbias.

**3.8 meio filtrante:** Material destinado a reter sólidos ou fixar microorganismos na sua superfície para depuração de esgotos.

**3.9 área específica do meio filtrante:** Área total de superfície de uma unidade de volume de um meio filtrante.

**3.10 diâmetro efetivo do meio filtrante,  $D_n$ :** Diâmetro ( $D_n$ ) dos grãos do meio filtrante em milímetros, tal que  $n$ , em percentagem, dos grãos seja menor que aquele, em termos de massa.

**3.11 coeficiente de uniformidade do meio filtrante:** Relação entre os diâmetros efetivos  $D_{60}$  e  $D_{10}$ , a qual expressa a dispersão dos diâmetros de grãos componentes do meio; quanto maior este número, mais variados são os diâmetros dos grãos.

**3.12 porosidade do meio filtrante,  $n$ :** Relação entre o volume total de vazios e o volume total de um meio filtrante, expressa pela relação  $n = 100 (V_v/V_t)$ .

**3.13 índice de vazio do meio filtrante,  $e$ :** Relação entre o volume total de vazios e o volume total de sólidos, tendo a relação tal que  $n = 100 e/(1+e)$ .

**3.14 membrana filtrante:** Filme com poros de determinados diâmetros para separação da fase líquida e fase sólida, utilizado para obtenção do efluente de determinada qualidade.

**3.15 vala de infiltração:** Vala escavada no solo, destinada à depuração e disposição final do esgoto na subsuperfície do solo sob condição essencialmente aeróbia, contendo tubulação de distribuição e meios de filtração no seu interior.

**3.16 poço absorvente; sumidouro:** Poço escavado no solo, destinado à depuração e disposição final do esgoto no nível subsuperficial.

**3.17 canteiro de infiltração e evapotranspiração:** Canteiro artificial de solo, destinado ao tratamento e à disposição final de esgoto, onde se permite a infiltração e evapotranspiração da parte líquida do esgoto.

**3.18 taxa de evapotranspiração:** Altura da coluna de água, dada em milímetros, perdida pelos mecanismos de transpiração da vegetação e da evaporação.

**3.19 lodo ativado por batelada, [LAB]:** Processo de tratamento essencialmente aeróbio, onde as etapas de depuração e a separação dos flocos biológicos são realizadas em um mesmo tanque, intermitentemente.

**3.20 lodo biológico:** Material formado de flocos biológicos, sólidos orgânicos e inorgânicos, resultantes do crescimento biológico no reator.

**3.21 tempo de retenção de sólidos biológicos, [TRS]:** Tempo médio em que os sólidos biológicos permanecem dentro de um reator biológico.

**3.22 lodo biológico excedente:** Parte do lodo biológico gerado no reator, que deve ser retirada para manter bom funcionamento do processo biológico.

**3.23 taxa de aplicação hidráulica superficial:** Relação entre a vazão de esgoto e a área superficial de uma unidade de tratamento.

**3.24 tempo de detenção hidráulica:** Tempo médio que a massa hidráulica fica dentro de um tanque.

**3.25 escoamento superficial:** Tratamento complementar ou disposição final que consiste no escoamento do esgoto na superfície do solo de pequena declividade e com vegetação, com emprego ou não de sulcos no solo.

**3.26 demanda bioquímica de oxigênio de cinco dias, a 20°C, [DBO<sub>5,20</sub>]:** Quantidade de oxigênio consumido para estabilizar bioquimicamente o material orgânico biodegradável contido no esgoto, sob condição aeróbia, no teste de incubação durante cinco dias, a 20°C.

**3.27 demanda química de oxigênio, [DQO]:** Quantidade de oxigênio consumida para oxidação da matéria orgânica contida no esgoto, estimada através da reação química, utilizando o dicromato de potássio como reagente, sob condição ácida e quente.

**3.28 sólidos não filtráveis, [SNF]; sólidos em suspensão:** Parcela das partículas sólidas contidas no esgoto ou na água e que são retidas pelo processo de filtração utilizando papel de filtro de diversos materiais.

**3.29 indicadores de contaminação fecal; coliformes:** Agentes biológicos que servem de indicadores da contaminação do meio hídrico com fezes de animais.

**3.30 agentes patogênicos:** Agentes biológicos contidos no esgoto, responsáveis pela transmissão de doenças, tais como vírus, bactérias, protozoários etc.

**3.31 macronutrientes inorgânicos:** Componentes inorgânicos dos poluentes contidos no esgoto, essencialmente os derivados de nitrogênio e fósforo.

**3.32 desidratação de lodos:** Processos naturais ou mecânicos, através dos quais se reduz o conteúdo líquido do lodo, para posterior disposição final.

**3.33 taxa nominal de transferência de oxigênio:** Taxa que mede a capacidade de um equipamento de aeração de transferir oxigênio livre para o meio hídrico, sob condições-padrão de 20°C e 1,0 atm, em água limpa.

**3.34 esgoto comercial:** Despejos líquidos oriundos de atividades comerciais, passíveis de serem tratados biologicamente.

**3.35 lagoa com plantas aquáticas:** Tratamento onde o esgoto é mantido em um tanque raso com plantas aquáticas flutuantes, cuja remoção de poluentes se dá através de plantas e microorganismos fixos nas raízes das mesmas.

**3.36 leito de secagem:** Unidade destinada à desidratação de lodo removido, por processo natural de evaporação e infiltração, contendo dispositivo de drenagem do líquido.

#### 4 Tratamento complementar dos efluentes de tanque séptico

As seções a seguir, de 4.1 a 4.4, detalham as alternativas técnicas para o tratamento do efluente de tanque séptico. São alternativas que resultam, ainda, na emissão do efluente tratado que deve ser disposto em algum corpo receptor. Para facilitar o trabalho do usuário na consulta desta Norma com respeito à escolha do processo a ser selecionado, são apresentadas as tabelas 1 e 2, que indicam, respectivamente e de modo genérico, as faixas de remoção das alternativas apresentadas e as respectivas características principais. Conforme representado no anexo B, figura B.1, são indicadas algumas alternativas de leiaute da disposição das unidades de pós-tratamento/reuso do efluente de tanque séptico.

Todas as tubulações de transporte de esgoto do sistema devem ser protegidas contra cargas rodantes para não causar extravasamento ou obstrução do sistema.

##### 4.1 Filtro anaeróbio de leito fixo com fluxo ascendente; filtro anaeróbio

O filtro anaeróbio consiste em um reator biológico onde o esgoto é depurado por meio de microorganismos não aeróbios, dispersos tanto no espaço vazio do reator quanto nas superfícies do meio filtrante. Este é utilizado mais como retenção dos sólidos.

Todo processo anaeróbio, é bastante afetado pela variação de temperatura do esgoto; sua aplicação deve ser feita de modo criterioso. O processo é eficiente na redução de cargas orgânicas elevadas, desde que as

outras condições sejam satisfatórias. Os efluentes do filtro anaeróbio podem exalar odores e ter cor escura.

##### 4.1.1 Dimensionamento

###### 4.1.1.1 Volume

O volume útil do leito filtrante ( $V_u$ ), em litros, é obtido pela equação:

$$V_u = 1,6 NCT$$

onde:

N é o número de contribuintes;

C é a contribuição de despejos, em litros x habitantes/dia (conforme a tabela 3);

T é o tempo de detenção hidráulica, em dias (conforme a tabela 4).

NOTA - O volume útil mínimo do leito filtrante deve ser de 1 000 L.

A altura do leito filtrante, já incluindo a altura do fundo falso, deve ser limitada a 1,20 m.

A altura do fundo falso deve ser limitada a 0,60 m, já incluindo a espessura da laje.

Construção do fundo falso: no caso de haver dificuldades de construção de fundo falso, todo o volume do leito pode ser preenchido por meio filtrante. Nesse caso, o esgoto afluente deve ser introduzido até o fundo, a partir do qual é distribuído sobre todo o fundo do filtro através de tubos perfurados (ver anexo B, figuras B.2 e B.3);

A altura total do filtro anaeróbio, em metros (ver anexo B, figura B.5), é obtida pela equação:

$$H = h + h_1 + h_2$$

onde:

H é a altura total interna do filtro anaeróbio;

h é a altura total do leito filtrante;

$h_1$  é a altura da calha coletora;

$h_2$  é a altura sobressalente (variável).

###### 4.1.1.2 Perda de carga hidráulica entre o tanque séptico e o filtro anaeróbio

A perda de carga hidráulica a ser prevista entre o nível mínimo no tanque séptico e o nível máximo no filtro anaeróbio é de 0,10 m.

###### 4.1.1.3 Sistema de distribuição de esgoto no filtro anaeróbio

A distribuição de esgoto afluente no fundo do filtro anaeróbio deve ser feita:

a) através de tubos verticais com bocais perpendiculares ao fundo plano, com uma distância entre aqueles de 0,30 m (ver anexo B, figura B.5); a área



do fundo do filtro a ser abrangida por cada bocal de distribuição deve ser inferior a 3,0 m<sup>2</sup>;

b) através de tubos perfurados (de PVC ou de concreto), instalados sobre o fundo inclinado do filtro (ver anexo B, figuras B.2, B.3 e B.4).

#### 4.1.1.4 Divisão de vazão nos casos de bocais múltiplos ou reatores múltiplos

A divisão eqüitativa de vazão de esgoto entre os bocais de um mesmo reator ou entre os reatores é de fundamental importância para o bom desempenho dos reatores. Para tanto, deve ser feita conforme segue:

a) no caso de divisão de vazão entre os bocais de um mesmo reator, o dispositivo interno para divisão deve ser conforme representado no anexo B, figura B.8 a);

b) no caso de se dividir a vazão entre os reatores distintos ou quando se quiser dividir a vazão externamente a um reator, o dispositivo deve ser feito conforme representado no anexo B, figura B.8 c).

#### 4.1.1.5 Coleta de efluentes

A coleta de efluentes deve ser feita através de:

a) canaletas, conforme representado no anexo B, figura B.7;

b) tubos perfurados;

c) a quantidade de canaletas ou tubulações e suas respectivas disposições devem ser definidas como segue:

- nos filtros cilíndricos, uma canaleta ou tubo por cada bocal de distribuição, dispostos paralelamente ou perpendicularmente (ver anexo B, figuras B.5 e B.6);

- nos filtros retangulares, uma canaleta ou tubo por cada bocal de distribuição de esgotos, devendo os mesmos serem dispostos na mesma direção do maior lado do retângulo;

- nos filtros cuja distribuição de esgoto afluente é feita através de tubos perfurados no fundo, como nos tanques retangulares, as canaletas ou tubos coletores devem ser dispostos paralelamente àquela do fundo (em planta), conforme representado no anexo B, figura B.2. A distância entre duas canaletas consecutivas não deve ser superior a 1,5 m;

- os vertedores das canaletas ou furos dos tubos coletores de efluentes do filtro anaeróbio devem ser dispostos horizontalmente, de modo a coletar os efluentes uniformemente em todas as suas extensões.

#### 4.1.1.6 Sistema de drenagem dos filtros anaeróbios

Todos os filtros devem possuir um dispositivo que permita a drenagem dos mesmos pelo fluxo no sentido descendente, conforme os casos a seguir:

a) nos casos de filtros com fundo falso, um tubo-guia (Ø 150 mm em PVC) para cada 3 m<sup>2</sup> do fundo (ver anexo B, figuras B.5 e B.6);

b) nos casos de filtros com distribuição de esgotos através de tubos perfurados instalados no fundo, este deve ter declividade de 1% em direção ao poço de drenagem, conforme representado no anexo B, figuras B.2 e B.3.

#### 4.1.1.7 Especificações do material filtrante

O material filtrante para filtro anaeróbio deve ser especificado como a seguir:

a) brita, peças de plástico (em anéis ou estruturados) ou outros materiais resistentes ao meio agressivo. No caso de brita, utilizar a nº 4 ou nº 5, com as dimensões mais uniformes possíveis. Não deve ser permitida a mistura de pedras com dimensões distintas, a não ser em camadas separadas, para não causar a obstrução precoce do filtro;

b) a área específica do material filtrante não deve ser considerada como parâmetro na escolha do material filtrante.

#### 4.1.1.8 Furos no fundo falso e nos tubos de distribuição e coleta de esgotos

No fundo falso, o diâmetro dos furos deve ser de 2,5 cm. O número total de cavas deve ser de tal modo que a somatória da área dos cavas corresponda, no mínimo, a 5% da área do fundo falso, conforme representado no anexo B, figura B.5.

Nos tubos perfurados, os furos devem ter diâmetro de 1,0 cm com a variação admissível de mais ou menos 5%. A disposição dos furos deve seguir conforme representado no anexo B, figura B.4.

No caso de se utilizar material plástico como meio filtrante, o fundo falso pode ser dispensado, substituindo-o por telas em aço inoxidável ou por próprio material já estruturado.

#### 4.1.1.9 Cobertura do filtro anaeróbio

O filtro anaeróbio deve possuir uma cobertura em laje de concreto, com a tampa de inspeção localizada em cima do tubo-guia para drenagem. Esta pode ser substituída pela camada de brita, nos casos de se ter tubos perfurados para coleta de efluentes e onde não houver acesso de pessoas, animais, carros ou problemas com odor, com a parede sobressalente acima do solo, de modo a impedir o ingresso de águas superficiais (ver anexo B, figuras B.2, B.3 e B.5).

**Tabela 1 - Faixas prováveis de remoção dos poluentes, conforme o tipo de tratamento, consideradas em conjunto com o tanque séptico (em %)<sup>1),2),3)</sup>**

Processo Parâmetro	Filtro anaeróbio submerso	Filtro aeróbio	Filtro de areia	Vala de filtração	LAB	Lagoa com plantas
DBO <sub>5,20</sub>	40 a 75	60 a 95	50 a 85	50 a 80	70 a 95	70 a 90
DQO	40 a 70	50 a 80	40 a 75	40 a 75	60 a 90	70 a 85
SNF	60 a 90	80 a 95	70 a 95	70 a 95	80 a 95	70 a 95
Sólidos sedimentáveis	70 ou mais	90 ou mais	100	100	90 a 100	100
Nitrogênio amoniacal	-	30 a 80	50 a 80	50 a 80	60 a 90	70 a 90
Nitrato	-	30 a 70	30 a 70	30 a 70	30 a 70	50 a 80
Fosfato	20 a 50	30 a 70	30 a 70	30 a 70	50 a 90	70 a 90
Coliformes fecais	-	-	99 ou mais	99,5 ou mais	-	-

<sup>1)</sup> Para obtenção de melhores resultados, deve haver combinações complementares.

<sup>2)</sup> Os valores limites inferiores são referentes a temperaturas abaixo de 15°C; os valores limites superiores são para temperaturas acima de 25°C, sendo também influenciados pelas condições operacionais e grau de manutenção.

<sup>3)</sup> As taxas de remoção dos coliformes não devem ser consideradas como valores de aceitação, mas apenas de referência, uma vez que 0,5% residual de coliformes do esgoto representa centenas de milhares destes.

**Tabela 2 - Algumas características dos processos de tratamento (exclui tanque séptico)**

Processo Característica	Filtro anaeróbio	Filtro aeróbio submerso	Filtro de areia	Vala de filtração	LAB	Lagoa com plantas
Área necessária	Reduzida	Reduzida	Média	Média	Média	Média
Operação	Simple	Simple	Simple	Simple	Simple	Simple
Custo operacional	Baixo	Alto	Médio	Baixo	Alto	Baixo
Manutenção	Simple	Simple	Simple	Simple	Mediana complexidade	Simple
Odor/cor no efluente	Sim	Não	Não	Não	Não	Não

**Tabela 3 - Contribuição diária de despejos e de carga orgânica por tipo de prédio e de ocupantes**

Prédio	Unidade	Contribuição de esgoto L/d	Contribuição de carga orgânica gDBO <sub>5,20</sub> /d
1. Ocupantes permanentes			
Residência			
Padrão alto	Pessoa	160	50
Padrão médio	Pessoa	130	45
Padrão baixo	Pessoa	100	40
Hotel (exceto lavanderia e cozinha)	Pessoa	100	30
Alojamento provisório	Pessoa	80	30
2. Ocupantes temporários			
Fábrica em geral	Pessoa	70	25
Escritório	Pessoa	50	25
Edifício público ou comercial	Pessoa	50	25
Escolas (externatos) e locais de longa permanência	Pessoa	50	20
Bares	Pessoa	6	6
Restaurantes e similares	Pessoa	25	25
Cinemas, teatros e locais de curta permanência	Lugar	2	1
Sanitários públicos <sup>1)</sup>	Bacia sanitária	480	120
<sup>1)</sup> Apenas de acesso aberto ao público (estação rodoviária, ferroviária, logradouro público, estádio de esportes, locais para eventos etc.).			

**Tabela 4 - Tempo de detenção hidráulica de esgotos (T), por faixa de vazão e temperatura do esgoto (em dias)**

Vazão L/dia	Temperatura média do mês mais frio		
	Abaixo de 15°C	Entre 15 °C e 25°C	Maior que 25°C
Até 1 500	1,17	1,0	0,92
De 1 501 a 3 000	1,08	0,92	0,83
De 3 001 a 4 500	1,00	0,83	0,75
De 4 501 a 6 000	0,92	0,75	0,67
De 6 001 a 7 500	0,83	0,67	0,58
De 7 501 a 9 000	0,75	0,58	0,50
Acima de 9 000	0,75	0,50	0,50

#### 4.1.2 Número e disposição do filtro anaeróbio

Conforme a concepção do sistema local de tratamento, pode-se instalar desde um filtro anaeróbio para cada tanque séptico até um único filtro anaeróbio para um grupo de tanques sépticos.

#### 4.1.3 Materiais de construção

O filtro anaeróbio pode ser construído em concreto armado, plástico de alta resistência ou em fibra de vidro de alta resistência, de modo a não permitir a infiltração da água externa à zona reatora do filtro e vice-versa. Quando instalado no local onde há trânsito de pessoas ou carros, o cálculo estrutural deve levar em consideração aquelas cargas. No caso de filtros abertos sem a cobertura de laje, somente são admitidas águas de chuva sobre a superfície do filtro. Quando instalado na área de alto nível aquífero, deve ser prevista aba de estabilização.

#### 4.1.4 Limpeza do filtro anaeróbio

O filtro anaeróbio deve ser limpo quando for observada a obstrução do leito filtrante, observando-se os dispostos a seguir:

- a) para a limpeza do filtro deve ser utilizada uma bomba de recalque, introduzindo-se o mangote de sucção pelo tubo-guia, quando o filtro dispuser daquele;
- b) se constatado que a operação acima é insuficiente para retirada do lodo, deve ser lançada água sobre a superfície do leito filtrante, drenando-a novamente. Não deve ser feita a "lavagem" completa do filtro, pois retarda a partida da operação após a limpeza;
- c) nos filtros com tubos perfurados sobre o fundo inclinado, a drenagem deve ser feita colocando-se mangote de sucção no poço de sucção existente na caixa de entrada, conforme representado no anexo B, figuras B.2 e B.3. Se constatada a insuficiência de remoção de lodo, deve-se seguir a instrução da alínea b).

#### 4.1.5 Disposição de despejos resultantes da limpeza de filtro anaeróbio

Os despejos resultantes da limpeza do filtro anaeróbio em nenhuma hipótese devem ser lançados em cursos de água ou nas galerias de águas pluviais. Seu recebimento em Estações de Tratamento de Esgotos é sujeito à prévia aprovação e regulamentação por parte do órgão responsável pelo sistema sanitário local.

No caso de o sistema já possuir um leito de secagem, o despejo resultante da limpeza do filtro anaeróbio deve ser lançado naquele.

#### 4.1.6 Identificação

O filtro anaeróbio fabricado conforme esta Norma deve ser identificado através de placa afixada em lugar facilmente visível, ou por outro meio distinto, contendo:

- a) data de fabricação e nome de fabricante;

b) a conformidade com esta Norma;

c) o volume útil total e o número de contribuintes admissíveis.

### 4.2 Filtro aeróbio submerso

O filtro aeróbio submerso é o processo de tratamento de esgoto que utiliza um meio de fixação dos microorganismos, imerso no reator, sendo o oxigênio necessário fornecido através de ar introduzido por meio de equipamento. Sua característica é a capacidade de fixar grandes quantidades de microorganismos nas superfícies do meio, reduzindo o volume do reator biológico, permitindo depuração em nível avançado de esgoto, sem necessidade de recirculação de lodo, como acontece com o lodo ativado.

#### 4.2.1 Câmaras componentes do filtro aeróbio submerso

O filtro aeróbio submerso é composto de duas câmaras, sendo uma de reação e outra de sedimentação. A câmara de reação pode ser subdividida em outras menores, para a remoção eficiente de poluentes tais como nitrogênio e fósforo. A câmara de sedimentação deve ser separada da câmara de reação através de uma parede com abertura na sua parte inferior para permitir o retorno dos sólidos por gravidade.

#### 4.2.2 Dimensionamento das câmaras e características dos elementos componentes

##### 4.2.2.1 Volume útil das câmaras

Os volumes úteis, em litros, de cada câmara são calculados como segue:

a) câmara de reação:

$$V_{ur} = 400 + 0,25 NC$$

b) câmara de sedimentação:

$$V_{us} = 150 + 0,20 NC$$

onde:

$V_{ur}$  e  $V_{us}$  são os volumes úteis das câmaras de reação e de sedimentação;

$N$  é o número de contribuintes à unidade;

$C$  é o volume de esgoto por pessoa por dia (litros/dia x pessoa - ver tabela 3).

##### 4.2.2.2 Divisão da câmara de reação

Pode-se optar pela divisão da câmara de reação em duas ou mais partes, para obter melhor remoção de poluentes. Na divisão em duas câmaras será feita a primeira aeróbia aerada e a segunda anóxica sem aeração. A proporção



de volumes deve ser de 3:1. Para divisão em três câmaras, a seqüência deve ser aeróbia-anóxica-aeróbia, com proporção de volumes de 2:1:1. Ver figuras B.9 e B.10.

#### 4.2.2.3 Área superficial da câmara de sedimentação

A área superficial ( $A_s$ ) da câmara de sedimentação deve ser calculada pela equação:

$$A_s = 0,07 + \frac{NC}{15}$$

onde:

$A_s$  é a área superficial em metros quadrados;

N é o número de contribuintes à unidade;

C é o volume de esgoto por pessoa por dia (metros cúbicos/dia x pessoa).

#### 4.2.2.4 Emprego de dispositivo acelerador de sedimentação

Permite-se o emprego de dispositivo acelerador de sedimentação para redução da área superficial da câmara de sedimentação e amortecimento do choque hidráulico (ver figuras B.9 e B.10). Deve-se prever o uso deste quando é prevista intensa variação de vazão afluente, mesmo quando a área superficial da câmara de decantação obtida satisfaça os valores convencionais da taxa de aplicação superficial.

#### 4.2.2.5 Dimensionamento do dispositivo de sedimentação

Para o dimensionamento do dispositivo de sedimentação deve ser consultado o anexo C, referência bibliográfica nº 20, e atendido o disposto a seguir:

- a) os aceleradores de sedimentação podem ser de tubo circular ou quadrado, placas paralelas ou, ainda, de outros formatos que permitam, comprovadamente, a boa remoção das partículas no decantador; pode-se também utilizar material similar empregado como meio filtrante na câmara de reação, porém com uma área específica maior (ver anexo B, figuras B.9 e B.10);
- b) o ângulo de inclinação do dispositivo não deve ser superior a 40° em relação à horizontal;
- c) o comprimento relativo do sedimentador (caso seja utilizado) deve ser inferior a 40;
- d) a disposição dos sedimentadores deve ser de tal forma que facilite sua lavagem periódica.
- e) o dispositivo de sedimentação, como acima especificado, pode ser substituído por meio filtrante similar ao utilizado no reator, porém com área específica do meio de pelo menos 150 m<sup>2</sup>/m<sup>3</sup>. A espessura da

camada filtrante deve ser de pelo menos 0,50 m, devendo permitir sua fácil lavagem/remoção, quando necessário.

#### 4.2.2.6 Características do material de sedimentadores

Os sedimentadores devem ser fabricados em material resistente contra a agressividade do meio, não devendo apresentar deformações durante o uso. Devem ser modulados e permitir a fácil remoção, substituição ou lavagem.

#### 4.2.2.7 Inclinação das paredes e abertura da câmara de sedimentação

As paredes da câmara devem ter inclinação no mínimo de 60° em relação à horizontal, para permitir deslizamento por gravidade dos sólidos sedimentados e seu retorno para a câmara de reação. A abertura inferior da parede separadora entre as câmaras de sedimentação e de reação deve ser de 0,15 m.

#### 4.2.2.8 Passagem do esgoto da câmara de reação para a câmara de sedimentação

O esgoto efluente da câmara de reação deve ser introduzido para a câmara de sedimentação por meio de uma passagem com largura de no mínimo 0,05 m. Não deve ser utilizada a abertura inferior da câmara de sedimentação para tal fim.

#### 4.2.2.9 Características de material do meio filtrante

O leito filtrante da câmara de reação deve ser enchido por material que permita o crescimento dos microorganismos na sua superfície. Assim sendo, a área específica do material (em m<sup>2</sup>/m<sup>3</sup>) deve ser considerada no seu projeto. Deve ser evitado o emprego de materiais com elevado valor de área específica, que causem obstrução precoce do leito ou que dificultem a limpeza do leito filtrante, assim como aqueles com formato que permita passagem direta do fluxo (*by-pass*).

O material de enchimento deve ser resistente ao meio corrosivo, evitando-se o emprego de materiais que sofram desgastes ou deformações ao longo do tempo.

#### 4.2.2.10 Modulação dos meios filtrantes

Os meios filtrantes devem ser dispostos em módulos menores, de modo que permitam fácil retirada dos mesmos para manutenção.

#### 4.2.2.11 Altura do leito filtrante

A altura do leito filtrante deve ser definida deixando-se uma distância de no mínimo 0,40 cm entre o fundo da câmara e a parte inferior do leito filtrante.

#### 4.2.12 Equipamentos de aeração

O oxigênio necessário ao tratamento aeróbio é fornecido através de equipamentos de aeração de modo contínuo

e ininterrupto. Para tanto, os equipamentos de aeração devem satisfazer às condições de 4.2.12.1 a 4.2.12.4.

#### 4.2.12.1 Vazão de ar

Para o cálculo da vazão de ar a ser utilizada na câmara de reação devem ser seguidos os itens abaixo:

a) a vazão de ar necessária, em litros/minuto, para o filtro aeróbio submerso deve ser calculada como segue:

$$Q_{\text{ar}} = \frac{30 \text{ NC}}{1\,440}$$

onde:

N é o número de contribuintes ao filtro aeróbio submerso;

C é o contribuição de esgoto por cada contribuinte, em litros/dia x pessoa (ver tabela 3);

b) para casos em que o sistema recebe esgotos de origem não exclusivamente doméstica (tais como bares, restaurantes etc.), a vazão de ar deve ser calculada considerando o valor de 80 m<sup>3</sup> de ar/dia por kg de DBO removido, devendo prever a concentração mínima de oxigênio dissolvido (OD) de 1,0 mg/L no efluente do reator aerado.

#### 4.2.12.2 Cálculo da potência necessária do soprador

Para o cálculo da potência de soprador deve-se atender ao disposto a seguir:

a) a potência necessária do soprador deve ser obtida levando-se em consideração todas as perdas relativas ao difusor de ar, tubos, curvas, válvulas, medidor de ar etc., calculadas para o ponto mais desfavorável do sistema de aeração;

b) a pressão de saída do soprador deve ser obtida somando-se a perda de carga acima apurada com a altura máxima de lâmina de água acima do difusor;

c) a potência requerida do soprador pode ser obtida pela equação abaixo:

$$P_s = \frac{wRT_0 \left[ \left( \frac{P}{P_0} \right)^{0,283} - 1 \right]}{8,41e}$$

onde:

P<sub>s</sub> é a potência requerida do soprador, em quilowatts;

w é a vazão da massa de ar, em quilogramas por segundo;

R é a constante de gás (8,314 kJ/kmol.K);

T<sub>0</sub> é a temperatura do ar na entrada, em Kelvins;

P<sub>0</sub> é a pressão absoluta da entrada, em quilopascals;

P é a pressão absoluta de saída, em quilopascals;

e é a eficiência da máquina;

d) dependendo do local e do ambiente a ser instalado, deve ser previsto filtro de ar no soprador, cuja perda de carga deve ser computada na alínea a).

#### 4.2.12.3 Dispositivos de difusão do ar

A difusão de ar no filtro aeróbio deve ser feita através de dispositivos que não permitam a fácil obstrução, como a seguir:

- discos, placas ou tubos de cerâmica;
- tubos perfurados envoltos por tecidos;
- discos de bolhas grossas;
- aeradores mecânicos submersíveis;
- outros.

#### 4.2.12.4 Disposição do(s) difusor(es) de ar

A disposição do(s) difusor(es) de ar no fundo da câmara de reação deve ser de tal modo que permita a distribuição uniforme das bolhas de ar no volume do meio filtrante.

#### 4.2.13 Sistema de limpeza/retirada de lodo

Deve ser previsto, para cada câmara fechada de reação, um tubo-guia para limpeza desta. Para reatores com maiores dimensões, deve-se prever a instalação de uma bomba hidráulica de pequena potência para retirada periódica do lodo biológico acumulado no fundo para aumento do intervalo de limpeza.

#### 4.2.14 Instalação, manutenção e operação dos equipamentos eletromecânicos

##### 4.2.14.1 Soprador

O soprador deve ser acondicionado em uma caixa-abrigo e deve estar protegido contra chuva e umidade. O conjunto deve ser instalado, preferencialmente, sobre a tampa do reator. A caixa ou soprador deve estar munida de uma lâmpada-piloto para sinalização do funcionamento do soprador.

##### 4.2.14.2 Bomba de retirada do lodo biológico

Nas unidades maiores, o lodo biológico desprendido do meio filtrante deve ser removido periodicamente para impedir a deterioração da qualidade do efluente tratado e a obstrução precoce do meio filtrante. Deve ser prevista a instalação de uma bomba para retirada e envio do lodo para o tanque séptico ou para o leito de secagem.

##### 4.2.14.3 Sistema de operação dos equipamentos

O soprador deve ter operação contínua e a bomba deve ter acionamento/desligamento manual, devendo possuir lâmpada-piloto.

#### 4.2.14.4 Manutenção dos equipamentos eletromecânicos

Os equipamentos eletromecânicos devem ser inspecionados periodicamente, de acordo com as recomendações dos fabricantes, para manter o adequado funcionamento do processo.

#### 4.2.15 Operação e manutenção do sistema

Para manter um funcionamento adequado, deve ser observado o seguinte:

- a) o sistema de filtro aeróbio submerso deve ser inspecionado periodicamente;
- b) o lodo acumulado no fundo do reator deve ser removido periodicamente conforme a instrução do fabricante;
- c) o meio filtrante, assim como o sedimentador (quando houver) devem ser lavados com jato de água, após a drenagem do líquido do filtro;
- d) o fabricante do filtro aeróbio submerso deverá fornecer manual de operação do sistema para correto funcionamento do mesmo;
- e) o lodo acumulado no filtro e retirado periodicamente deve ser retornado ao tanque séptico instalado a montante do filtro; caso haja leito de secagem, o lodo poderá ser disposto diretamente nele;
- f) a limpeza do sistema deve ser feita com emprego de materiais e equipamentos adequados para impedir o contato direto do esgoto e lodo com o operador.

#### 4.2.16 Material e cuidados na construção do reator

##### 4.2.16.1 Estanqueidade e durabilidade

O material e o método de construção/fabricação do filtro aeróbio submerso devem ser selecionados de modo que permitam absoluta estanqueidade e durabilidade do conjunto.

##### 4.2.16.2 Sistema antilutuação

Para locais com alto nível aquífero, devem ser previstos dispositivos que permitam estabilidade do conjunto, contra a pressão de empuxo, tal como a aba de estabilidade.

##### 4.2.17 Tampão de inspeção

O filtro aeróbio submerso deve possuir tampões de inspeção para permitir a inspeção visual, instalação e remoção dos dispositivos internos, assim como a limpeza periódica.

##### 4.2.18 Identificação

O filtro aeróbio submerso fabricado conforme esta Norma deve ser identificado através de placa afixada em lugar facilmente visível ou por outro meio distinto, contendo:

- a) data, nome do fabricante, tipo e número de série;
- b) conformidade com esta Norma;
- c) volume útil total e número de contribuintes ou carga admissível;
- d) características dos equipamentos (vazão de ar, potência do motor, tensão, corrente etc.);
- e) volume e características do meio filtrante.

#### 4.2.19 Montagem e teste de funcionamento

O fabricante do filtro aeróbio submerso deverá proceder à montagem do filtro no campo e dar a partida inicial do processo, devendo garantir a qualidade do efluente conforme prescrito no Manual de Operação, conforme os procedimentos de amostragem e análises físico-químico-biológicas, conforme a seção 6.

#### 4.3 Valas de filtração e filtros de areia

São processos de tratamento clássicos, consistindo na filtração do esgoto através da camada de areia, onde se processa a depuração por meio tanto físico (retenção), quanto bioquímico (oxidação), devido aos microorganismos fixos nas superfícies dos grãos de areia, sem necessidade de operação e manutenção complexas.

##### 4.3.1 Aplicação

O sistema de filtração se caracteriza por permitir nível elevado de remoção de poluentes, com operação intermitente, podendo ser utilizado nos seguintes casos:

- a) quando o solo ou as condições climáticas do local não recomendam o emprego de vala de infiltração ou canteiro de infiltração/evapotranspiração ou a sua instalação exige uma extensa área não disponível;
- b) a legislação sobre as águas dos corpos receptores exige alta remoção dos poluentes dos efluentes do tanque séptico;
- c) por diversos motivos, for considerado vantajoso o aproveitamento do efluente tratado, sendo adotado como unidade de polimento dos efluentes dos processos anteriores.

##### 4.3.2 Características construtivas dos filtros de areia

Deve-se atender ao disposto a seguir:

- a) sobre a superfície do filtro aberto de areia devem ser admitidas somente as águas das precipitações pluviométricas diretas;
- b) não devem ser permitidas percolações ou infiltrações de esgotos ao meio externo ao filtro de areia;
- c) conforme a necessidade local, pode ser empregado o filtro compacto pré-fabricado de pressão em substituição ao filtro aberto.

##### 4.3.2.1 Fatores determinantes no projeto e na operação dos filtros de areia

Os seguintes fatores devem ser considerados no projeto e na operação dos filtros de areia:

- a) especificação do material para filtração;

- b) manutenção da condição aeróbia e intermitência na aplicação de esgotos;
- c) taxa de aplicação;
- d) alternância de uso;
- e) manutenção.

#### 4.3.2.2 Especificação do meio filtrante a ser utilizado para filtração

São os seguintes os materiais que podem ser utilizados como meio filtrante, conjuntamente ou isoladamente:

- a) areia, com diâmetro efetivo na faixa de 0,25 mm a 1,2 mm, com coeficiente de uniformidade inferior a 4;
- b) pedregulho ou pedra britada;

As disposições em camadas dos materiais filtrantes estão representadas no anexo B, figuras B.11 e B.12; as especificações adicionais devem ser de acordo com a NBR 11799.

#### 4.3.2.3 Manutenção da condição aeróbia e intermitência na aplicação

O filtro de areia deve ser operado de modo a manter condição aeróbia no seu interior.

Para tanto, a aplicação do efluente deve ser feita de modo intermitente, com emprego de uma pequena bomba ou dispositivo dosador, permitindo o ingresso de ar através do tubo de coleta durante o período de repouso.

Deve ser prevista caixa de reservação do efluente do tanque séptico com uma bomba de recalque ou com um sifão, a montante do filtro. A primeira é utilizada preferencialmente onde o nível previsto do filtro de areia está acima do nível de tubulação de efluente do tanque séptico; a segunda opção é adequada onde o filtro de areia está em nível inferior à saída do tanque séptico. O volume da caixa deve ser dimensionado de modo a permitir no máximo uma aplicação do efluente a cada 6 h.

As vazões do sifão podem ser calculadas como segue, não considerando as perdas:

$$Q = a\sqrt{(2gH)}$$

$$Q_1 = a_1\sqrt{(2gH_1)}$$

onde:

a é a área da seção transversal do tubo de sifão, em metros quadrados;

Q é a vazão do sifão no início da descarga, em metros cúbicos por minuto;

$Q_1$  é a vazão do sifão no final da descarga, em metros cúbicos por minuto;

H é a altura manométrica máxima, em metros;

$H_1$  é a altura manométrica mínima, em metros;

g é a aceleração da gravidade, em metros por segundo quadrado.

Os detalhes do filtro estão representados no anexo B, figuras B.11 e B.12; a caixa de sifão está representada no anexo B, figura B.8 b).

#### 4.3.2.4 Taxa de aplicação

A taxa de aplicação para cálculo da área superficial do filtro de areia deve ser limitada a 100 L/dia x m<sup>2</sup>, quando da aplicação direta dos efluentes do tanque séptico; 200 L/dia x m<sup>2</sup> para efluente do processo aeróbio de tratamento. Para locais cuja temperatura média mensal de esgoto é inferior a 10°C, aquelas taxas devem ser limitadas, respectivamente, a 50 L/dia x m<sup>2</sup> e 100 L/dia x m<sup>2</sup>.

#### 4.3.2.5 Alternância de uso

Além da intermitência do fluxo de efluente, deve ser prevista alternância de uso do filtro de areia para permitir a digestão do material retido no meio filtrante e remoção dos sólidos da superfície do filtro de areia. Para tanto, devem ser previstas duas unidades de filtro, cada uma com capacidade plena de filtração. O filtro deve ser substituído por outro quando se observar um excessivo retardamento na velocidade de filtração do esgoto.

#### 4.3.2.6 Manutenção do filtro de areia

Durante o período de repouso de um dos filtros, deve-se proceder à limpeza e manutenção daquele em repouso. Após a secagem da superfície do filtro de areia, deve-se proceder à raspagem e remoção do material depositado na superfície, juntamente com uma pequena camada de areia (0,02 m a 0,05 m). A camada removida de areia deve ser repostada imediatamente com areia limpa com características idênticas àquela removida. A eventual vegetação na superfície do filtro deve ser imediatamente removida.

#### 4.3.3 Vala de filtração

O sistema de vala de filtração se diferencia do filtro de areia por não possuir área superficial exposta ao tempo, sendo construído no próprio solo, podendo ter suas paredes impermeáveis. No anexo B, figuras B.13, B.14 e B.15, estão representados exemplos de instalação das valas de filtração.

#### 4.3.3.1 Fatores determinantes no projeto e na operação das valas de filtração

Para o projeto e operação das valas de filtração devem ser observados os seguintes fatores:

- a) especificação do material para filtração;
- b) taxa de aplicação;
- c) manutenção da condição aeróbia no interior do filtro e intermitência na aplicação de esgoto;
- d) processo construtivo;
- e) alternância.



#### 4.3.3.2 Especificação do material para filtração

São os seguintes os materiais que podem ser utilizados como meio filtrante, conjuntamente ou isoladamente:

- a) areia, com diâmetro efetivo na faixa de 0,25 mm a 1,2 mm, com índice de uniformidade inferior a 4;
- b) pedregulho ou pedra britada.

#### 4.3.3.3 Taxa de aplicação de efluente

A taxa de aplicação do efluente a ser considerada não deve ser superior a 100 L/dia x m<sup>2</sup> para efluente do tanque séptico, área relativa à superfície horizontal de apoio das tubulações. Os intervalos de aplicação de efluente do tanque séptico em vala de filtração não devem ser inferiores a 6 h.

#### 4.3.3.4 Manutenção da condição aeróbia na vala

A vala de filtração deve ser operada em condições aeróbias. Para tanto, devem ser previstos tubos de ventilação protegidos contra o ingresso de insetos, conforme representado no anexo B, figura B.13. Além disso, o funcionamento da vala deve ser intermitente, conforme descrito em 4.3.2.3.

#### 4.3.3.5 Processo construtivo e instalação

As valas de filtração devem ser construídas observando os seguintes aspectos:

- a) deve-se prever uma sobrelevação do solo, na ocasião de reaterro da vala, de modo a evitar a erosão do reaterro devido às chuvas, dando-se uma declividade entre 3% e 6% nas suas laterais;
- b) nos locais onde o terreno tem inclinação acentuada, como nas encostas de morros, as valas devem ser instaladas acompanhando as curvas de nível, similarmente ao caso da vala de infiltração representada no anexo B, figuras B.20 a) e B.20 b);
- c) no caso da alínea b), o campo de filtração deve possuir um sistema de drenagem das águas pluviais, de modo a não permitir a erosão da vala ou ingresso de águas nela;
- d) a camada de brita ou pedra situada acima da camada de areia deve ser coberta de material permeável, tal como tela fina contra mosquito, antes do reaterro com solo, para não permitir a mistura deste com a pedra e ao mesmo tempo permitir a evaporação da umidade;
- e) conforme as características geológicas do local, a vala de filtração deve ter as paredes do fundo e laterais protegidas com material impermeável, tipo mantas de PVC, de modo a não contaminar o aquífero;

f) os materiais de meio filtrante devem ser dispostos na vala conforme representados no anexo B, figuras B.13 e B.15;

g) para instalação da vala de filtração na área reduzida (por exemplo, quintal), pode-se optar pelo leiaute representado no anexo B, figura B.14.

#### 4.3.3.6 Alternância de uso

Para permitir a digestão aeróbia de material retido na vala de filtração e desobstrução dos poros do meio filtrante, as valas de filtração devem ser operadas alternadamente. Para tanto, devem ser previstas pelo menos duas unidades, cada uma com capacidade plena de filtração. O intervalo entre a alternância não deve ser superior a três meses.

### 4.4 Lodo ativado por batelada (LAB)

É o processo de tratamento que consiste na retenção de esgoto no tanque reator, onde se processa a depuração e formação de flocos de microorganismos basicamente aeróbios, cujo oxigênio necessário é fornecido através de ar injetado pelos equipamentos. Os flocos são separados do líquido tratado na fase de sedimentação no mesmo reator, drenando-se o efluente.

#### 4.4.1 Aplicação

O sistema de tratamento complementar do efluente de tanque séptico por processo LAB se caracteriza por sua eficiência comprovada na remoção de poluentes, aliada à simplicidade operacional e construtiva. Operacionalmente se caracteriza pela intermitência do processo depurativo, com drenagem periódica do esgoto tratado. Apesar da sua simplicidade operacional, ainda exige manutenção regular, com intervalos menores do que nos outros processos, tais como filtro aeróbio submerso, filtros de areia etc. Assim sendo, é um processo mais vantajoso para locais com vazões maiores, com parâmetros de lançamento no corpo receptor bastante restritivos. No anexo B, figura B.16, está representado esquema operacional de um LAB.

#### 4.4.2 Fatores e parâmetros de projeto do LAB

Similarmente ao filtro aeróbio submerso, essencialmente o LAB se compõe de um único tanque reator onde se processam a remoção de poluentes, sedimentação dos sólidos e drenagem do efluente tratado, de modo cíclico. Portanto, é um processo compacto de tratamento. Uma parte do lodo biológico gerado no processo deve ser retirada periodicamente (lodo excedente) e enviada para tanque séptico para digestão anaeróbia. O sistema de liga/desliga do equipamento de aeração deve ser através de *timer*, com sistema de drenagem manual ou automático. O tempo de detenção hidráulica a ser considerado é de um dia, com apenas um ciclo por dia, devendo a drenagem do efluente ser realizada no período de menor vazão afluente de esgoto. O dimensionamento deve atender ao disposto em 4.4.2.1 a 4.4.2.4.

##### 4.4.2.1 Volume útil total do reator, incluindo o volume correspondente ao lodo

Para casos onde há a possibilidade de apuração, sejam de origem doméstica ou comercial, baseada nos dados



levantados, obter o volume útil do reator multiplicando-se por dois a vazão diária apurada.

Para casos onde não há estimativas de vazão, adotar a seguinte equação:

$$V_{ur} = 2 NC$$

onde:

$V_{ur}$  é o volume útil total do reator, em litros;

$N$  é o número de contribuintes;

$C$  é a contribuição por pessoa de esgoto, em litros por dia (ver tabela 3).

#### 4.4.2.2 Altura de volume do lodo no reator

O volume de armazenamento do lodo a ser considerado deve ser igual ao volume diário de esgoto, devendo ser prevista uma altura de no mínimo 1,5 m para o volume de lodo.

#### 4.4.2.3 Altura sobressalente

Deve ser prevista uma altura sobressalente de 0,5 m acima da altura útil total do líquido.

#### 4.4.2.4 Formato do reator

Desde que se possa obter boa mistura no seu conteúdo por meio de equipamento de aeração selecionado, não há restrição ao formato do tanque reator.

### 4.4.3 Dimensionamento do equipamento de aeração e mistura

Para o cálculo da potência do equipamento de aeração, devem ser considerados os prescritos em 4.4.3.1 a 4.4.3.7.

#### 4.4.3.1 Carga orgânica afluyente no reator

A carga orgânica afluyente no tanque reator deve ser avaliada conforme o tipo de esgoto a ser tratado (residencial, comercial ou misto).

Considerar em cerca de 30% a redução da carga orgânica devido ao tanque séptico. Para esgotos exclusivamente domésticos, considerar uma carga orgânica individual conforme a tabela 3, prevendo todas as cargas provenientes de eventual sazonalidade no uso e ocupação do imóvel.

#### 4.4.3.2 Carga orgânica afluyente diária

Considerar em 2,5 vezes a carga orgânica afluyente diária como sendo a demanda total de oxigênio no reator, já incluindo as demandas devidas à oxidação da matéria orgânica, nitrificação e respiração endógena.

#### 4.4.3.3 Aeração

Considerar como sendo 20 h o tempo de aeração no reator por dia.

#### 4.4.3.4 Potência do equipamento de aeração

Com o sistema de ar difuso:

a) a potência necessária do soprador deve ser obtida levando-se em consideração todas as perdas relativas ao difusor de ar, tubos, curvas, válvulas, medidor de ar etc., calculadas para o ponto mais desfavorável do sistema de aeração;

b) a pressão de saída do soprador deve ser obtida somando-se a perda de carga acima apurada com a altura máxima de lâmina de água acima do difusor;

c) a vazão de ar necessária pode ser calculada pela equação seguinte:

$$Q_{ar} = \frac{D_{ox}}{1,201 \times 0,232 E}$$

onde:

$D_{ox}$  é a demanda de oxigênio, em quilogramas por dia;

$Q_{ar}$  é a vazão de ar necessária, em metros cúbicos por dia;

$E$  é a eficiência de transferência do oxigênio do difusor;

d) a potência requerida do soprador deve ser obtida pela fórmula abaixo:

$$P_s = \frac{wRT_0 \left[ \left( \frac{P}{P_0} \right)^{0,283} - 1 \right]}{8,41e}$$

onde:

$P_s$  é a potência requerida do soprador, em quilowatts;

$w$  é a vazão da massa de ar, em quilogramas por segundo;

$R$  é a constante de gás, (8,314 kJ/kmol.K);

$T_0$  é a temperatura do ar na entrada, em Kelvins;

$P_0$  é a pressão absoluta da entrada, em kilopascals;

$P$  é a pressão absoluta de saída, em kilopascals;

$e$  é a eficiência da máquina;

e) filtro de ar dependendo do local, do ambiente e do tipo de difusor adotado; deve ser previsto filtro de ar no soprador, cuja perda de carga deve ser registrada em a).

Com outros equipamentos (aeradores mecânicos submersíveis ou flutuantes):

a) a demanda total de oxigênio deve ser plenamente satisfeita por equipamento de aeração, durante o tempo de aeração de 20 h; para isto, deve-se utilizar o valor da Taxa de Transferência de Oxigênio do equipamento, obtido sob condições reais de campo, conforme estabelecido pela "Standard Methods for Examination for Water and Wastewater, 18ª edição, anexo D, referência 85", sendo que a potência do equipamento deve ser obtida pela seguinte equação:

$$P_a = \frac{D_{ox}}{20 \text{ TTC}}$$

onde:

$P_a$  é a potência do aerador, em quilowatts;

$D_{ox}$  é a demanda de oxigênio, conforme 4.4.3.2, em quilogramas por dia;

TTC é a taxa de transferência no campo, em quilogramas de  $O_2$  por quilowatts-horas;

b) deve-se ter cuidado na sua seleção conforme o local de instalação do reator, em função da proximidade das residências/área de trânsito das pessoas ou animais domésticos, e estes equipamentos de aeração devem ser providos de dispositivos que reduzam o nível de emissão dos aerossóis/barulho ou, senão, equipamentos submersíveis que têm baixo nível de aerossóis.

#### 4.4.3.5 Dispositivo de drenagem

A coleta do efluente tratado é componente importante dentro do sistema de LAB. O dimensionamento e a localização adequados do dispositivo dentro do reator podem evitar a deterioração do efluente final na fase inicial da operação de drenagem.

A drenagem do efluente deve ser feita:

a) por dispositivo flutuante, de modo a captar o efluente a partir da superfície do líquido. O vertedor anexo ao dispositivo flutuante deve ter dimensões de modo que a taxa de aplicação hidráulica não seja superior a  $200 \text{ m}^3/(\text{m} \times \text{dia})$  em relação à vazão média. Este método tem a vantagem de reduzir o tempo necessário para início da drenagem. O dispositivo flutuante deve possuir tubos-guias para não causar seu tombamento;

b) de modo fixo, com altura do bocal de captação situado acima de 1,50 m do fundo. Este método simplifica o dispositivo de drenagem, mas exige maior intervalo entre a interrupção da aeração e o início de drenagem.

#### 4.4.3.6 Indicador de nível d'água

Sempre que possível, deve ser instalado um dispositivo indicador de nível d'água no reator, para a visualização deste, para facilitar a operação do sistema.

#### 4.4.3.7 Misturador

Conforme o nível de remoção exigido dos nutrientes contidos no efluente tratado, principalmente o N e o P, pode-se instalar um misturador submersível ou similar para promover a mistura entre o esgoto e a massa biológica durante a fase de carência de oxigênio.

#### 4.4.4 Material de construção do tanque reator

O tanque reator pode ser construído em talude de terra protegido com manta de PVC, FRP etc. Deve-se, sempre que o reator foi enterrado, prever drenos ao seu redor, de modo a evitar o ingresso das águas que não o esgoto.

#### 4.4.5 Operação do LAB

Encher o reator com esgoto, aerá-lo, sedimentá-lo e drenar o efluente tratado.

O ciclo completo está representado no anexo B, figura B.16.

Para sua operação adequada, devem ser observados os seguintes aspectos:

a) o controle do processo biológico deve ser feito por volume de lodo retirado do reator e enviado ao tanque séptico para digestão;

b) para promover a remoção eficiente de N e P, além de reduzir o consumo energético, devem ser introduzidos ciclos alternados de fase aeróbia e fase de carência de oxigênio, desligando-se o equipamento de aeração e ligando-se o misturador, tomando o cuidado de não haver obstrução precoce dos dispositivos difusores de ar.

### 4.5 Lagoa com plantas aquáticas<sup>1)</sup>

#### 4.5.1 Aplicação

É recomendada para locais com temperatura média anual inferior a  $15^\circ\text{C}$ , com baixa taxa de incidência solar ou com alta ocorrência de neblinas e névoas que possam reduzir a incidência solar direta (basicamente, região sul do Brasil). Nestas condições, este processo tem a vantagem de não permitir a proliferação de pernalongos, fator crítico na instalação deste sistema em região de clima quente. Tem baixo custo construtivo em relação à lagoa de estabilização; operacionalmente simples e de baixo custo, com boa remoção de carga orgânica e de nutrientes.

Deve ser prevista uma área anexa para permitir a disposição e secagem das plantas aquáticas removidas. As

<sup>1)</sup> A lagoa com plantas aquáticas é uma lagoa de esgoto onde se permite o crescimento intenso de plantas aquáticas flutuantes, tais como aguapé e outras plantas com raízes abundantes, de modo a permitir fixação de microorganismos responsáveis pela depuração do esgoto nas mesmas. Além disso, as plantas aquáticas, ao crescerem, absorvem nutrientes contidos no esgoto.

passarelas ao redor da lagoa devem ter largura suficiente para o acesso de caminhão ou equipamento de coleta (quando for o caso) e remoção periódica das plantas em excesso.

#### 4.5.2 Dimensionamento da lagoa com planta aquática

A lagoa com plantas aquáticas deve ser dimensionada com os seguintes parâmetros:

- a) taxa de aplicação hidráulica superficial, devendo ser adotado o valor limite de  $600 \text{ m}^3/(\text{ha} \cdot \text{dia})$ ;
- b) a profundidade máxima da lâmina líquida deve ser limitada entre 0,7 m e 1,0 m, com altura sobresalente de 0,30 m;
- c) a relação comprimento/largura da lagoa deve ser superior a 10, sendo que a largura deve estar limitada a 10 m;
- d) quando a relação acima não for possível, devido a problemas topográficos ou do formato de terreno, recomenda-se dividir a lagoa em unidades múltiplas em série;
- e) as lagoas com plantas aquáticas devem conter telas/anteparos suspensos facilmente removíveis, compartimentando a superfície da lagoa, de modo a permitir um crescimento uniforme das plantas em toda a sua área, mantendo-se a distância entre os anteparos inferior a 10 m (ver anexo B, figura B.17).

#### 4.5.3 Detalhes construtivos e operacionais da lagoa com plantas aquáticas

As margens, assim como as passarelas da lagoa, devem ser protegidas de modo a não permitir os danos causados pela operação de remoção periódica de plantas aquáticas.

Ao redor do dispositivo de saída do efluente deve ser instalada proteção com tela de material não corrosivo para impedir a saída das plantas junto com o efluente.

Não deve haver irregularidade no fundo da lagoa.

A operação para manutenção da lagoa com plantas aquáticas consiste basicamente na remoção periódica desta, de modo a manter uma população total controlada e a manutenção do crescimento permanente para remoção dos nutrientes. Além disso, a remoção periódica das plantas impede a morte delas e conseqüente aumento da carga poluente na lagoa e assoreamento precoce da mesma.

A coleta e a remoção das plantas em excesso podem ser feitas tanto manualmente quanto mecanicamente, de modo a manter populações de plantas aproximadamente iguais nos compartimentos.

A planta aquática removida pode ser misturada com outros materiais, após a secagem, para a produção de compostos orgânicos, ou introduzida diretamente no campo agrícola.

#### 4.6 Cloração

A cloração faz parte de uma série de alternativas para desinfecção do esgoto.

Todos os efluentes que tenham como destino final corpos receptores superficiais ou galerias de águas pluviais, além do reuso, devem sofrer desinfecção. Esta deve ser efetuada de forma criteriosa, compatível com a qualidade do corpo receptor e segundo as diretrizes do órgão ambiental.

Entre as alternativas existentes para cloração foi selecionado o método de cloração por gotejamento (hipoclorito de sódio) e por pastilha (hipoclorito de cálcio), uma vez que estes representam menor preocupação em nível operacional.

O menor tempo de detenção hidráulica para o contato ser considerado é de 30 min. Para o caso de hipoclorito, devem ser observadas as especificações constantes na NBR 11887.

No anexo B, figura B.18, está ilustrada uma das alternativas para a cloração. No entanto, onde o porte do sistema de tratamento justificar outro processo de desinfecção, este poderá ser adotado.

O esgoto clorado deve conter, após o tempo de contato, uma concentração de cloro livre de pelo menos  $0,5 \text{ mg/L}$ .

### 5 Disposição final dos efluentes de tanque séptico

#### 5.1 Vala de infiltração

É o processo de tratamento/disposição final do esgoto que consiste na percolação do mesmo no solo, onde ocorre a depuração devido aos processos físicos (retenção de sólidos) e bioquímicos (oxidação). Como utiliza o solo como meio filtrante, seu desempenho depende grandemente das características do solo, assim como do seu grau de saturação por água.

##### 5.1.1 Emprego da vala de infiltração

A vala de infiltração pode ser utilizada para disposição final do efluente líquido do tanque séptico doméstico em locais com boa disponibilidade de área para sua instalação e com remota possibilidade presente ou futura de contaminação do aquífero.

Não é recomendado o uso de vala de infiltração onde o solo é saturado de água. Na medida do possível, deve ser adotado o sistema de aplicação intermitente, para melhorar a eficiência de tratamento e durabilidade do sistema de infiltração.

##### 5.1.2 Precaução contra contaminação do aquífero

A instalação de vala de infiltração deve ser precedida por avaliação técnica, de modo a não haver a contaminação do aquífero utilizado na região, causada pelos nitratos, vírus e outros microorganismos patogênicos. Para tanto, o número máximo instalável de sistema tanque séptico-vala de infiltração deve ser limitado a 10 unidades/ha.

##### 5.1.3 Fatores determinantes no projeto e no uso da vala de infiltração

Para o projeto e o uso da vala de infiltração devem ser observados os seguintes parâmetros:

- a) características do solo onde a vala de infiltração será instalada;

- b) nível máximo do aquífero e a distância vertical mínima deste;
- c) manutenção da condição aeróbia no interior da vala;
- d) distância mínima do poço de captação de água;
- e) processo construtivo;
- f) alternância;
- g) índice pluviométrico.

#### 5.1.3.1 Características do solo

O sistema de infiltração do efluente no solo depende, basicamente, das características do solo onde é instalada a vala. Além da capacidade de percolação do solo, exerce influência fundamental na remoção eficiente dos agentes patogênicos e de fósforo, a composição química do solo constituinte, além da sua saturação. A capacidade de percolação no solo deve ser determinada através do teste descrito no anexo A.

#### 5.1.3.2 Distância mínima do lençol aquífero

Deve ser mantida uma distância mínima vertical entre o fundo da vala de infiltração e o nível máximo da superfície do aquífero de 1,5 m. Quando o nível do aquífero for alto e houver possibilidade de rebaixamento do mesmo por meio de sistema de drenagem, pode-se optar por drenagem para permitir a construção da vala, ao invés de canteiro de evapotranspiração (ver 5.5 e 5.6)

#### 5.1.3.3 Manutenção da condição aeróbia na vala

O sistema de vala de infiltração deve ser construído e operado de modo a manter condição aeróbia no interior da vala de infiltração. Devem ser previstos tubos de exaustão nas linhas de tubulação e uso alternado das valas, conforme representado no anexo B, figura B.19.

Quando a aplicação for por processo intermitente, o intervalo entre as aplicações não deve ser inferior a 6 h.

#### 5.1.3.4 Distância mínima do poço de captação de água

A vala de infiltração deve manter uma distância horizontal mínima conforme as características do solo de qualquer poço para captação de água, de modo a permitir tempo de percurso do fluxo de três dias até atingir o poço.

#### 5.1.3.5 Processo construtivo

No sistema de disposição final do efluente no subsolo, os detalhes construtivos exercem influência fundamental na sua durabilidade e funcionamento, devendo ser observados os seguintes aspectos:

- a) o fundo, assim como as paredes laterais da vala de infiltração, não devem sofrer qualquer compactação durante a sua construção;

b) as superfícies de percolação, quando houver compactação voluntária ou involuntária, devem ser escarificadas até uma profundidade de 0,10 m a 0,20 m antes da colocação do material de suporte do tubo de distribuição de esgoto;

c) todas as tubulações de transporte de esgoto do sistema devem ser protegidas contra cargas rodantes, para não causar extravasamento ou obstrução do sistema;

d) as tubulações de distribuição na vala devem ser instaladas de modo a não causar represamento do esgoto no interior da vala;

e) quando as condições locais forem propícias, deve-se optar por distribuição por conduto forçado para favorecer a distribuição uniforme e impedir a obstrução precoce do solo;

f) deve-se prever uma sobrelevação do solo, na ocasião de reaterro da vala, de modo a evitar a erosão do reaterro com a chuva, conforme representado na figura B.20 b);

g) nos locais onde o terreno tem inclinação acentuada, como nas encostas do morro, as valas devem ser instaladas acompanhando as curvas de nível, de modo a manter a declividade das tubulações, conforme alínea d) e anexo B, figura B.20 a);

h) no caso da alínea g), o campo de infiltração deve possuir um sistema de drenagem das águas pluviais, de modo a não permitir a erosão da vala ou ingresso das águas nela;

i) a camada de brita ou pedra deve ser coberta de material permeável, tal como tela fina, antes do reaterro com solo, para não haver a mistura deste com a pedra e, ao mesmo tempo, permitir a evaporação da umidade;

j) não permitir plantio de árvores próximo às valas, para não danificar as valas devido às raízes das árvores;

k) os detalhes de uma vala de infiltração típica estão representados no anexo B, figura B.19.

#### 5.1.3.6 Alternância do uso

Para manutenção da condição aeróbia no interior da vala de infiltração e desobstrução dos poros do solo, deve ser previsto uso alternado de valas. Assim, o número mínimo de valas deve ser dois, cada um correspondendo a 100% da capacidade total necessária.

Pode-se optar por três valas, cada uma com 50% da capacidade total. As valas devem ser alternadas em um prazo máximo de seis meses.

#### 5.1.3.7 Índice pluviométrico

Nos locais de alto índice pluviométrico, conforme representado no anexo D, deve ser evitado o ingresso de



águas pluviais nas valas de infiltração para não causar o desprendimento dos agentes patogênicos retidos, assim como condições anaeróbias na vala, sendo necessário prever uma cobertura com material impermeável sobre a camada de brita/pedra antes do reaterro.

Deve-se prever, também, sistema de drenagem das águas pluviais em torno do campo de infiltração.

#### 5.1.3.8 Dimensionamento da vala de infiltração

A vala de infiltração deve ser dimensionada considerando a mesma vazão adotada para o cálculo do tanque séptico. Para tanto, exceto nos casos onde haja levantamentos sobre o consumo de água e respectiva taxa de retorno, devem ser considerados os valores constantes na tabela 3, além dos estabelecidos abaixo:

- a) valores de taxa de aplicação: conforme a tabela A.1;
- b) o cálculo da área total necessária é feito conforme a tabela A.1;
- c) para efeito de cálculo da área de infiltração, devem ser consideradas as superfícies laterais e de fundo situadas no nível inferior ao tubo de distribuição do efluente, conforme representado no anexo B, figura B.19;
- d) os tubos de distribuição no interior da vala devem ter diâmetro de 100 mm, com cavas laterais de  $\varnothing 0,01$  m;
- e) a declividade do tubo deve ser de 0,003 m/m para aplicação por gravidade e contínua;
- f) sempre que possível, deve-se optar por conduto forçado, com distribuição de esgoto intermitente, ao invés de distribuição contínua por gravidade. Nesse caso, a declividade do tubo de distribuição pode ser zero. O intervalo entre as aplicações não deve ser inferior a 6 h;
- g) os materiais de enchimento da vala de infiltração podem ser britas até número quatro ou pedras com características correspondentes, dispostos conforme representado no anexo B, figura B.19 a);
- h) a distância, em planta, dos eixos centrais das valas de infiltração paralelas não deve ser inferior a 2 m.

### 5.2 Canteiro de infiltração e de evapotranspiração

É o processo que consiste na disposição final do esgoto, tanto pelo processo de evapotranspiração através das folhas de vegetação quanto pelo processo infiltrativo no solo.

#### 5.2.1 Aplicação

O canteiro de infiltração e de evapotranspiração é empregado em locais não propícios à simples infiltração,

substituindo o solo e/ou condições desfavoráveis por solos de melhores características.

O canteiro permite também a evapotranspiração do líquido, reduzindo o volume final do esgoto.

O canteiro deve ser coberto de vegetação com raízes pouco profundas para a proteção do canteiro e para acelerar a evapotranspiração do líquido.

A área do canteiro não deve ser arborizada e, se possível, o canteiro deve ser instalado em local aberto, com boa ventilação e insolação.

O esgoto deve ser aplicado no canteiro de modo intermitente.

São considerados locais não propícios para infiltração:

- a) com nível aquífero raso;
- b) com rocha fissurada ou fraturada no subsolo que permita rápido escoamento do esgoto para o lençol aquífero;
- c) com camada de areia ou solo arenoso que não permita bom tratamento do esgoto, com taxas de percolação extremamente elevadas;
- d) com solos com taxas de percolação muito reduzidas, exigindo extensa área para infiltração.

#### 5.2.2 Dimensionamento

Para o dimensionamento devem ser considerados os parâmetros prescritos em 5.2.2.1 a 5.2.2.7.

##### 5.2.2.1 Vala do canteiro

A vala do canteiro deve ser dimensionada conforme 5.1.3.8, adotando-se o valor de K estimado inicialmente para o tipo de solo a ser utilizado para formação do canteiro.

##### 5.2.2.2 Área superficial do canteiro

O dimensionamento da área do canteiro deve levar em conta o índice pluviométrico e a taxa de evapotranspiração disponíveis da região. Quando não houver estes dados disponíveis, admite-se o emprego de métodos de estimação tais como Combinado ou outros mais adequados. Caso a diferença líquida entre a precipitação e evapotranspiração não seja suficiente nos 50% do período de dados considerados (os dados avaliados não devem ser inferiores a cinco anos) para permitir a evapotranspiração do efluente aplicado no canteiro, este deve ser considerado como sendo apenas canteiro de infiltração.

A diferença líquida mensal entre a precipitação e evapotranspiração a ser considerada deve ser aquela menos favorável.



### 5.2.2.3 Altura total do canteiro

A altura total do canteiro deve ser definida como segue:

- a) no caso de nível aquífero raso, o fundo da vala deve situar-se no mínimo 1,5 m acima do nível máximo deste;
- b) no caso de subsolo com rocha fraturada, o fundo da vala deve estar no mínimo 1,5 m acima da rocha;
- c) no caso de solo com elevada taxa de percolação, o fundo da vala deve estar no mínimo a 1,5 m da superfície do solo;
- d) no caso de solo com taxa de percolação muito baixa, o fundo da vala deve estar no mínimo a 1,5 m da superfície do solo natural;
- e) a inclinação do talude deve ser de um (vertical) para dois (horizontal), no mínimo.

### 5.2.2.4 Solo a ser utilizado para formação do canteiro

O solo a ser utilizado para formação do canteiro deve ter capacidade de percolação determinada após a formação do canteiro e antes da instalação de sistema de infiltração para dimensionamento correto da extensão total necessária do canteiro.

### 5.2.2.5 Construção do canteiro

Para a construção do canteiro deve ser minimizado o emprego de equipamentos pesados, tais como caminhões e tratores, para não causar a compactação do solo e conseqüente redução da capacidade infiltrativa do canteiro.

### 5.2.2.6 Aplicação de esgoto no canteiro

Na aplicação intermitente de esgoto no canteiro, o sistema de aplicação deve ser dimensionado para permitir até quatro aplicações por dia.

### 5.2.2.7 Detalhes do canteiro de evapotranspiração

Os detalhes do canteiro de evapotranspiração devem ser conforme representados na figura B.21.

## 5.3 Sumidouro

O sumidouro é a unidade de depuração e de disposição final do efluente de tanque séptico verticalizado em relação à vala de infiltração. Devido a esta característica, seu uso é favorável somente nas áreas onde o aquífero é profundo, onde possa garantir a distância mínima de 1,50 m (exceto areia) entre o seu fundo e o nível aquífero máximo.

Os critérios e as considerações principais seguem aquelas relativas às da vala de infiltração, exceto no que tange

ao processo aeróbio, uma vez que se torna difícil manter aquela condição no interior do poço. Por esta razão, a obstrução das superfícies internas do sumidouro é mais precoce. Na ocasião da substituição por outro poço, recomenda-se a exposição ao ar livre das paredes internas do sumidouro substituído, durante pelo menos seis meses, tomando-se o cuidado de não ocorrer acidentes, para permitir a recuperação da capacidade infiltrativa.

Para o dimensionamento, adotar os parâmetros da vala de infiltração. No entanto, sendo o sumidouro uma unidade geralmente verticalizada, é freqüente à ocorrência de diversas camadas com características distintas, necessitando, normalmente, de se proceder a apuração da capacidade de infiltração para cada camada, para depois obter a capacidade média de percolação ( $K_{\text{médio}}$ ). Pode-se obter o valor de  $K_{\text{médio}}$  somando-se os produtos de  $K$  para cada camada pela respectiva espessura e dividindo-se o resultado pela soma total de espessuras das camadas, conforme o anexo A.

No anexo B, figura B.22, estão ilustrados alguns leiautes de aplicação do sumidouro.

### 5.3.1 Sumidouro na região não arenosa ( $K_{\text{médio}} > 500 \text{ min/m}$ )

Neste caso, o dimensionamento deve seguir os parâmetros prescritos em 5.3.1.1 a 5.3.1.7.

#### 5.3.1.1 Cálculo da área de infiltração

Para o cálculo da área de infiltração deve ser considerada a área vertical interna do sumidouro abaixo da geratriz inferior da tubulação de lançamento do afluente no sumidouro, acrescida da superfície do fundo.

#### 5.3.1.2 Cálculo da área total

O cálculo da área total necessária deve ser obtido conforme o anexo A.

#### 5.3.1.3 Altura útil

A altura útil do sumidouro deve ser determinada de modo a manter distância vertical mínima de 1,50 m entre o fundo do poço e o nível máximo aquífero.

#### 5.3.1.4 Redução da altura útil

Caso haja necessidade de reduzir a altura útil do sumidouro, devido à proximidade do nível aquífero, pode-se reduzir tanto o diâmetro quanto a altura do mesmo, aumentando porém o número daqueles conforme representado no anexo B, figura B.22 b1).

#### 5.3.1.5 Distância

A distância mínima entre as paredes dos poços múltiplos deve ser de 1,50 m.

#### 5.3.1.6 Diâmetro interno

O menor diâmetro interno do sumidouro deve ser de 0,30 m.

### 5.3.1.7 Distribuição do esgoto

A distribuição do esgoto aos sumidouros múltiplos deve ser feita através de caixa distribuidora de vazão, conforme representado no anexo B, figura B.8 c).

### 5.3.2 Sumidouro na região arenosa com nível de aquífero profundo

Para região arenosa, com baixo valor de K (menor que 500 min/m), pode-se optar, para não contaminar o aquífero, por alternativas como segue:

- a) para garantir a proteção do aquífero no solo, deve ser prevista uma camada filtrante envolvente do sumidouro com solo, tendo  $K > 500$  min/m, conforme representado na figura B.23;
- b) a distância do fundo do sumidouro e o nível máximo do aquífero deve ser superior a 1,50 m;
- c) a espessura da camada protetora não deve ser inferior a 0,3 m, não devendo sofrer compactação mecânica durante o enchimento do poço.

### 5.4 Galeria de águas pluviais

O efluente do sistema local de tratamento de esgoto pode ser lançado nas galerias de águas pluviais, desde que satisfaça aos seguintes requisitos:

- a) possuir padrões de características físico-químico-biológicas de lançamento ao corpo receptor para onde a galeria lança suas águas, inclusive os casos definidos em 5.5.1;
- b) o padrão mínimo de lançamento na galeria deve ter características conforme a tabela 5;
- c) todos os efluentes lançados nas galerias de águas pluviais devem sofrer desinfecção, atendendo ao descrito em 4.6;
- d) deve ser dada autorização pelo órgão local competente para o lançamento do efluente tratado na galeria de águas pluviais;

e) os parâmetros da tabela 5 devem ser verificados em pelo menos 80% das amostras coletadas ao longo do período de 12 meses, em intervalos regulares.

## 5.5 Águas superficiais

Os efluentes do sistema local de tratamento de esgotos podem ser lançados diretamente nas águas superficiais, tais como rios, lagos, mares etc., observando-se os seguintes aspectos:

### 5.5.1 Qualidade do efluente

O efluente deve ser de qualidade tal que atenda aos parâmetros de lançamento ao corpo receptor, fixados na legislação federal, estadual ou municipal. Na ausência destes parâmetros, devem ser observadas as classificações seguintes e os respectivos parâmetros, conforme a tabela 6:

- classe a: na represa destinada ao abastecimento público, ou nos rios formadores da represa até 10 km a montante dela, independente da distância do ponto de captação e do volume de reservação da represa;
- classe b: nos corpos receptores com captação a jusante para abastecimento público;
- classe c: nas águas litorâneas, praias e nos rios que desaguam nas praias freqüentadas pelas pessoas para recreação;
- classe d: nos demais corpos receptores.

### 5.5.2 Dispositivos de lançamento

Devem ser previstas proteções adequadas para o lançamento do efluente no corpo receptor, de modo a não causar erosão na margem ou para não causar obstrução no fluxo da água ou trânsito das pessoas. Estas proteções devem ser aprovadas por órgãos competentes quanto à sua instalação, devendo ser resistentes contra enchentes ou marés, além de evitar o refluxo da água na ocasião daquelas.

**Tabela 5 - Valores para lançamento nas galerias de águas pluviais**

Parâmetro	Valor	Parâmetro	Valor
DBO <sub>5,20</sub>	Inferior a 60 mg/L	Oxigênio dissolvido	Superior a 1,0 mg/L
DQO	Inferior a 150 mg/L	Sólidos sedimentáveis	Inferior a 0,5 mg/L
pH	Entre 6,0 e 9,0	Sólidos não filtráveis totais	Inferior a 50 mg/L
Temperatura	Inferior a 40°C	Coliformes fecais	< 1 000 NMP/100 mL
Óleos e graxas	Inferiores a 50 mg/L	Cloro residual livre	Superior a 0,5 mg/L

**Tabela 6 - Parâmetros e seus valores limites do efluente tratado nas águas superficiais de acordo com as classes de lançamento**

Parâmetro	Classe a	Classe b	Classe c	Classe d
Temperatura (°C)	Inferior a 40	Inferior a 40	Inferior a 40	Inferior a 40
PH	Entre 6 e 9	Entre 6 e 9	Entre 6 e 9	Entre 6 e 9
DBO <sub>5,20</sub> (mg/L)	Inferior a 20	Inferior a 30	Inferior a 50	Inferior a 60
DQO (mg/L)	Inferior a 50	Inferior a 75	Inferior a 125	Inferior a 150
Oxigênio dissolvido (mg/L)	Superior a 2	Superior a 2	Superior a 2	Superior a 2
Sólidos sedimentáveis (ml/L)	Inferior a 0,1	Inferior a 0,1	Inferior a 0,5	Inferior a 1
SNF totais (mg/L)	Inferior a 20	Inferior a 20	Inferior a 50	Inferior a 60
Nitrogênio amoniacal (mg/L)	Inferior a 5	Inferior a 5	Inferior a 5	Inferior a 5
Nitrato - N (mg/L)	Inferior a 20	Inferior a 20	Inferior a 20	Inferior a 20
Fosfato (mg/L)	Inferior a 1	Inferior a 1	Inferior a 2	Inferior a 5
Coliformes fecais (NMP/100 mL)	Inferior a 1 000	Inferior a 1 000	Inferior a 500	Inferior a 1 000
Óleo e graxas (mg/L)	Inferior a 30	Inferior a 30	Inferior a 10	Inferior a 50

### 5.6 Reuso local

No caso do esgoto de origem essencialmente doméstica ou com características similares, o esgoto tratado deve ser reutilizado para fins que exigem qualidade de água não potável, mas sanitariamente segura, tais como irrigação dos jardins, lavagem dos pisos e dos veículos automotivos, na descarga dos vasos sanitários, na manutenção paisagística dos lagos e canais com água, na irrigação dos campos agrícolas e pastagens etc.

O uso local de esgoto tem a vantagem de evitar problemas como a ligação com a rede de água potável, flexibilidade nos graus de qualidade das águas a serem reusadas conforme a necessidade local etc.

O tipo de reuso pode abranger desde a simples recirculação de água de enxágue da máquina de lavagem, com ou sem tratamento aos vasos sanitários, até uma remoção em alto nível de poluentes para lavagens de carros.

Freqüentemente, o reuso é apenas uma extensão do tratamento de esgotos, sem investimentos adicionais elevados; assim como nem todo o volume de esgoto gerado deve ser tratado para ser reutilizado.

Admite-se também que o esgoto tratado em condições de reuso possa ser exportado para além do limite do sistema local para atender à demanda industrial ou outra demanda da área próxima.

No caso de utilização como fonte de água para canais e lagos para fins paisagísticos, dependendo das condições locais, pode ocorrer um crescimento intenso das plantas aquáticas devido à abundância de nutrientes no esgoto tratado. Neste caso, deve-se dar preferência à alternativa

de tratamentos que removam eficientemente o fósforo do esgoto. No anexo B, a figura B.1 representa alguns esquemas de reuso local de esgotos.

#### 5.6.1 Planejamento do sistema de reuso

O reuso local de esgoto deve ser planejado de modo a permitir seu uso seguro e racional para minimizar o custo de implantação e de operação.

Para tanto, devem ser definidos:

- os usos previstos para esgoto tratado;
- volume de esgoto a ser reutilizado;
- grau de tratamento necessário;
- sistema de reservação e de distribuição;
- manual de operação e treinamento dos responsáveis.

#### 5.6.2 Os usos previstos para o esgoto tratado

Devem ser considerados todos os usos que o usuário precisar, tais como lavagens de pisos, calçadas, irrigação de jardins e pomares, manutenção das águas nos canais e lagos dos jardins, nas descargas dos banheiros etc. Não deve ser permitido o uso, mesmo desinfetado, para irrigação das hortaliças e frutas de ramos rastejantes (por exemplo, melão e melancia). Admite-se seu reuso para plantações de milho, arroz, trigo, café e outras árvores frutíferas, via escoamento no solo, tomando-se o cuidado de interromper a irrigação pelo menos 10 dias antes da colheita.

### 5.6.3 Volume de esgoto a ser reutilizado

Os usos definidos para todas as áreas devem ser quantificados para obtenção do volume total final a ser reusado. Para tanto, devem ser estimados os volumes para cada tipo de reuso, considerando as condições locais (clima, frequência de lavagem e de irrigação, volume de água para descarga dos vasos sanitários, sazonalidade de reuso etc.).

### 5.6.4 Grau de tratamento necessário

O grau de tratamento para uso múltiplo de esgoto tratado é definido, regra geral, pelo uso mais restritivo quanto à qualidade de esgoto tratado. No entanto, conforme o volume estimado para cada um dos usos, podem-se prever graus progressivos de tratamento (por exemplo, se o volume destinado para uso com menor exigência for expressivo, não haveria necessidade de se submeter todo o volume de esgoto a ser reutilizado ao máximo grau de tratamento, mas apenas uma parte, reduzindo-se o custo de implantação e operação), desde que houvesse sistemas distintos de reservação e de distribuição.

Nos casos simples de reuso menos exigente (por exemplo, descarga dos vasos sanitários) pode-se prever o uso da água de enxágüe das máquinas de lavar, apenas desinfetando, reservando aquelas águas e recirculando ao vaso, em vez de enviá-las para o sistema de esgoto para posterior tratamento. Em termos gerais, podem ser definidas as seguintes classificações e respectivos valores de parâmetros para esgotos, conforme o reuso:

- classe 1: Lavagem de carros e outros usos que requerem o contato direto do usuário com a água, com possível aspiração de aerossóis pelo operador, incluindo chafarizes: turbidez inferior a cinco, coliforme fecal inferior a 200 NMP/100 mL; sólidos dissolvidos totais inferior a 200 mg/L; pH entre 6,0 e 8,0; cloro residual entre 0,5 mg/L e 1,5 mg/L.

Nesse nível, serão geralmente necessários tratamento aeróbio (filtro aeróbio submerso ou LAB) seguido por filtração convencional (areia e carvão ativado) e, finalmente, cloração.

Pode-se substituir a filtração convencional por membrana filtrante;

- classe 2: lavagens de pisos, calçadas e irrigação dos jardins, manutenção dos lagos e canais para fins paisagísticos, exceto chafarizes: turbidez inferior a cinco, coliforme fecal inferior a 500 NMP/100 mL, cloro residual superior a 0,5 mg/L.

Nesse nível é satisfatório um tratamento biológico aeróbio (filtro aeróbio submerso ou LAB) seguido de filtração de areia e desinfecção.

Pode-se também substituir a filtração por membranas filtrantes;

- classe 3: reuso nas descargas dos vasos sanitários: turbidez inferior a 10, coliformes fecais inferiores a 500 NMP/100 mL. Normalmente, as águas de enxágüe das máquinas de lavar roupas satisfazem a este padrão, sendo necessário apenas uma cloração. Para casos gerais, um tratamento aeróbio seguido de filtração e desinfecção satisfaz a este padrão;

- classe 4: reuso nos pomares, cereais, forragens, pastagens para gados e outros cultivos através de escoamento superficial ou por sistema de irrigação pontual. Coliforme fecal inferior a 5 000 NMP/100 mL e oxigênio dissolvido acima de 2,0 mg/L. As aplicações devem ser interrompidas pelo menos 10 dias antes da colheita.

### 5.6.5 Sistema de reservação e de distribuição

O reuso local de esgoto seguro e racional tem como base um sistema de reservação e de distribuição. Ao mesmo tempo, todo o sistema de reservação e de distribuição para reuso deve ser identificado de modo claro e inconfundível para não ocorrer uso errôneo ou mistura com o sistema de água potável ou outros fins.

Devem ser observados os seguintes aspectos referentes ao sistema:

a) todo o sistema de reservação deve ser dimensionado para atender pelo menos 2 h de uso de água no pico da demanda diária, exceto para uso na irrigação da área agrícola ou pastoril;

b) todo o sistema de reservação e de distribuição do esgoto a ser reutilizado deve ser claramente identificado, através de placas de advertência nos locais estratégicos e nas torneiras, além do emprego de cores nas tubulações e nos tanques de reservação distintas das de água potável;

c) quando houver usos múltiplos de reuso com qualidades distintas, deve-se optar pela reservação distinta das águas, com clara identificação das classes de qualidades nos reservatórios e nos sistemas de distribuição;

d) no caso de reuso direto das águas da máquina de lavar para uso na descarga dos vasos sanitários, deve-se prever a reservação do volume total da água de enxágüe;

e) o sistema de reservação para aplicação nas culturas cujas demandas pela água não são constantes durante o seu ciclo deve prever uma preservação ou área alternada destinada ao uso da água sobressalente na fase de menor demanda.

### 5.6.6 Manual de operação e treinamento dos responsáveis

Todos os gerenciadores dos sistemas de reuso, principalmente aqueles que envolvem condomínios residenciais ou comerciais com grande número de pessoas voltadas para a manutenção de infra-estruturas básicas, devem indicar o responsável pela manutenção e operação do sistema de reuso de esgoto.

Para tanto, o responsável pelo planejamento e projeto deve fornecer manuais do sistema de reuso, contendo figuras e especificações técnicas quanto ao sistema de tratamento, reservação e distribuição, procedimentos para operação correta, além de treinamento adequado aos responsáveis pela operação.

### 6 Amostragem para análise do desempenho e do monitoramento

Todos os processos de tratamento e disposição final de esgotos devem ser submetidos à avaliação periódica do

desempenho, tanto para determinar o grau de poluição causado pelo sistema de tratamento implantado como para avaliação do sistema implantado em si, para efeitos de garantia do processo oferecido pelo fornecedor. Esta avaliação deve ser mais freqüente e minuciosa nas áreas consideradas sensíveis do ponto de vista ambiental e sanitário, mas principalmente do ponto de vista de proteção de mananciais.

A amostragem do afluente e do efluente do sistema local de tratamento deve ser feita, exceto na fase inicial de operação, quando deve haver acompanhamento pelo menos quinzenal até entrar em regime, com freqüência pelo menos trimestral.

O tipo de amostragem a ser considerada deve ser composta proporcional à vazão, com campanha horária cobrindo pelo menos 12 h consecutivas. Quando não houver condições para determinação correta da vazão, esta deve ser estimada conforme as observações baseadas nos usos de água.

Para monitoramento dos sistemas de infiltração no solo (vala de infiltração, sumidouro, canteiro de infiltração e de evapotranspiração), devem ser feitas amostragens a partir dos poços ou cavas escavados em volta das unidades, em profundidades distintas, por meio de amostras compostas não proporcionais.

Os parâmetros a serem analisados são relativos a:

- a) nos lançamentos aos corpos receptores superficiais e nas galerias de águas pluviais, aqueles definidos nas legislações municipal, estadual e federal, assim como definidos nesta Norma;
- b) na disposição no subsolo, nitrato, pH, coliformes fecais e vírus.

Todas as amostras coletadas devem ser imediatamente preservadas e analisadas de acordo com os procedimentos descritos no "Standard Methods for Examination of Water and Wastewater" na sua última edição.

---

**/ANEXO A**





**Anexo A (normativo)**  
**Procedimento para estimar a capacidade de percolação do solo (K)**

**A.1 Para a vala de infiltração**

O ensaio para estimar a capacidade de percolação descrito aqui deve ser feito cuidadosamente, tendo em mente que conforme o modo de execução pode resultar em valores bastante distintos para um mesmo tipo de solo.

A época de execução do ensaio é também fator que influencia nos resultados.

O ensaio deve ser precedido de uma etapa preliminar para simular a condição de solo saturado (condição crítica no sistema de absorção).

Apesar da imprecisão, este ensaio é o mais simples que se conhece e, desde que seja utilizado em conjunto com os ensaios de tato e visual do solo, pode ser instrumento útil para avaliação da capacidade de infiltração do solo.

O nível máximo do aquífero na área prevista deve ser conhecido antecipadamente.

**A.1.1** Os instrumentos necessários para se proceder ao ensaio são os seguintes:

- relógio;
- cronômetro;
- régua;
- trado com  $\varnothing$  150 mm;
- dispositivo para medição do nível d'água na cava, conforme ilustrado na figura B.16-c;
- água em abundância.

**A.1.2** Os procedimentos a serem seguidos são os seguintes:

a) o número de locais de ensaio deve ser no mínimo 3 pontos, distribuídos aproximadamente de modo a cobrir áreas iguais no local indicado para campo de infiltração;

b) com o trado de  $\varnothing$  150 mm, escavar uma cava vertical, de modo que o fundo da cava esteja aproximadamente no mesmo nível previsto para fundos das valas;

NOTA - Este nível deve ser determinado, levando em conta a distância mínima do fundo da vala em relação ao nível máximo do aquífero local (cerca de 1,50 m) e cota de saída do efluente de tanque séptico.

c) retirar os materiais soltos no fundo da cava e cobrir o fundo com cerca de 0,05 m de brita;

d) encher a cava com água até a profundidade de 0,30 m do fundo e manter esta altura durante pelo menos 4 h, completando com água na medida em que desce o nível. Este período deve ser prolongado para 12 h ou mais se o solo for argiloso; esta constitui uma etapa preliminar para saturação do solo;

e) se toda a água inicialmente colocada infiltrar no solo dentro de 10 min, pode-se começar o ensaio imediatamente;

f) exceto para solo arenoso, o ensaio de percolação não deve ser feito 30 h após o início da etapa de saturação do solo;

g) determinar a taxa de percolação como a seguir:

- colocar 0,15 m de água na cava acima da brita, cuidando-se para que durante todo o ensaio, não seja permitido que o nível da água supere 0,15 m;

- imediatamente após o enchimento, determinar o abaixamento do nível d'água na cava a cada 30 min (queda do nível) e, após cada determinação, colocar mais água para retornar ao nível de 0,15 m;

- o ensaio deve prosseguir até que se obtenha diferença de rebaixamento dos níveis entre as duas determinações sucessivas inferior a 0,015 m, em pelo menos três medições necessariamente;

- no solo arenoso, quando a água colocada se infiltra no período inferior a 30 min, o intervalo entre as leituras deve ser reduzido para 10 min, durante 1 h; assim sendo, nesse caso, o valor da queda a ser utilizado é aquele da última leitura;

h) calcular a taxa de percolação para cada cava escavada, a partir dos valores apurados, dividindo-se o intervalo de tempo entre determinações pelo rebaixamento lido na última determinação.

Por exemplo: se o intervalo utilizado é de 30 min e o desnível apurado é de 0,03 m, tem-se a taxa de percolação de  $30/0,03 = 1\ 000$  min/m;

i) o valor médio da taxa de percolação da área é obtido calculando-se a média aritmética dos valores das cavas;

j) o valor real a ser utilizado no cálculo da área necessária da vala de infiltração deve ser o especificado na tabela A.1;

k) obtém-se o valor da área total necessária para área de infiltração dividindo-se o volume total diário estimado de esgoto ( $m^3$ /dia) pela taxa máxima de aplicação diária.

## A.2 Para o sumidouro

O sumidouro é uma unidade de infiltração vertical, que atravessa frequentemente algumas camadas de solos com características distintas.

Neste caso, o ensaio para estimar a capacidade de infiltração no solo deve ser feito por camada (desde que estas camadas sejam consideradas áreas infiltrativas no sumidouro, ou seja, abaixo da tubulação de entrada do esgoto).

O valor final da taxa de percolação deve ser obtido fazendo a média ponderada destes valores.

Todos os dispositivos, assim como os procedimentos para obtenção dos valores da taxa de percolação, são idênticos à seção anterior conforme descritos a seguir:

a) a cota do fundo da cava para ensaio deve ser aproximadamente a mesma do sumidouro. Por sua

vez, aquela cota é determinada a partir da distância mínima da cota máxima do aquífero local e da cota de saída da tubulação do tanque séptico;

b) quando é feito ensaio sobre várias camadas, o resultado de cada cava é obtido como segue:

$$K_{\text{média}} = \frac{\sum(K_i \times H_i)}{\sum(H_i)}$$

onde:

$K_i$  e  $H_i$  são, respectivamente, as taxas e alturas das camadas onde foram realizados os ensaios.

**Tabela A.1 - Conversão de valores de taxa de percolação em taxa de aplicação superficial<sup>1)</sup>**

Taxa de percolação min/m	Taxa máxima de aplicação diária m <sup>3</sup> /m <sup>2</sup> .d	Taxa de percolação min/m	Taxa máxima de aplicação diária m <sup>3</sup> /m <sup>2</sup> .d
40 ou menos	0,20	400	0,065
80	0,14	600	0,053
120	0,12	1200	0,037
160	0,10	1400	0,032
200	0,09	2400	0,024

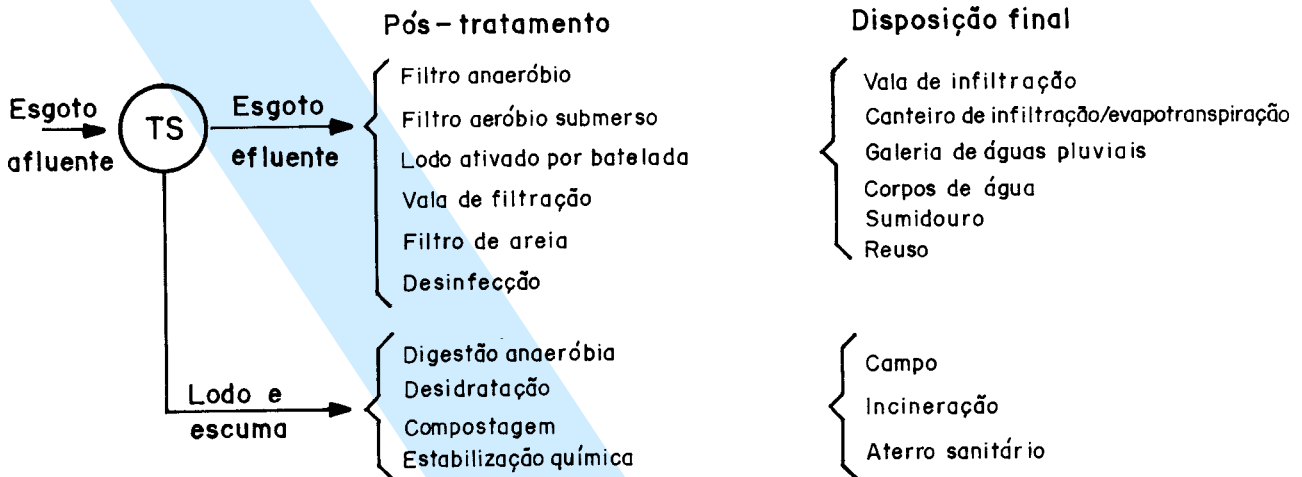
<sup>1)</sup> Adaptado da referência (43) do anexo C.

**Anexo B (normativo)**  
**Figuras referentes à instalação**

**B.1** As figuras B.1 a B.23 são ilustrações de alguns dos casos possíveis de instalação, com detalhes de dispositivos e respectivas disposições.

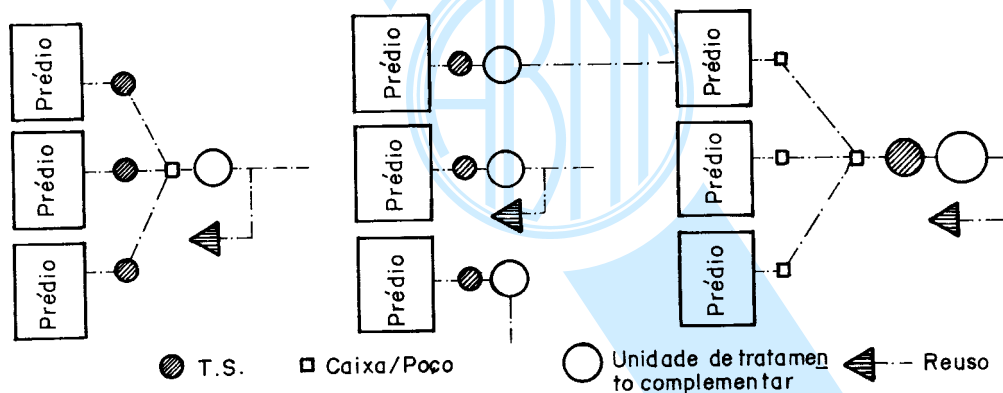
rosas as situações que exigem adaptações e/ou variações das instalações.

**B.2** No entanto, os exemplos ilustrados não representam os únicos modelos de leiaute, uma vez que são nume-

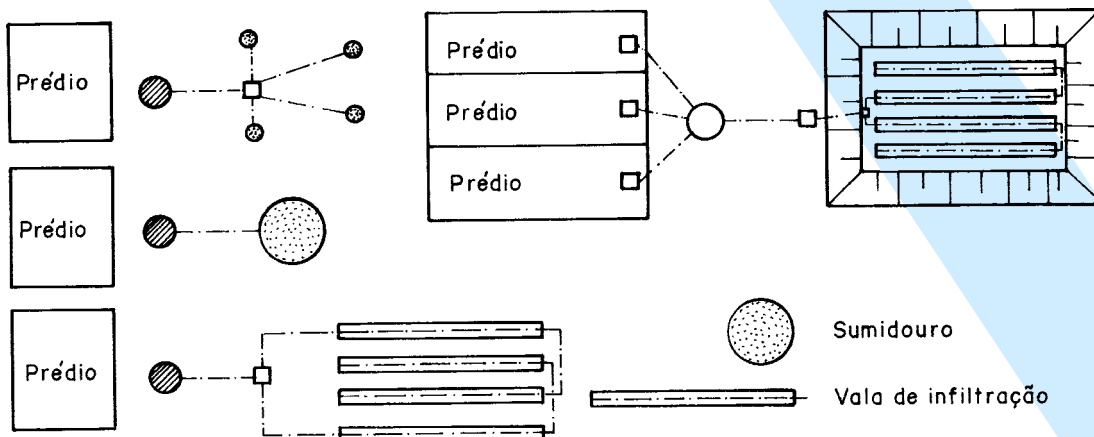


Obs: Pode haver combinações das alternativas

a) Fluxograma do sistema local de tratamento



b) Com disposição no corpo receptor/reuso



c) Com disposição final no solo/evapotranspiração

**Figura B.1 - Exemplos de esquemas alternativos do sistema local de tratamento de esgotos**

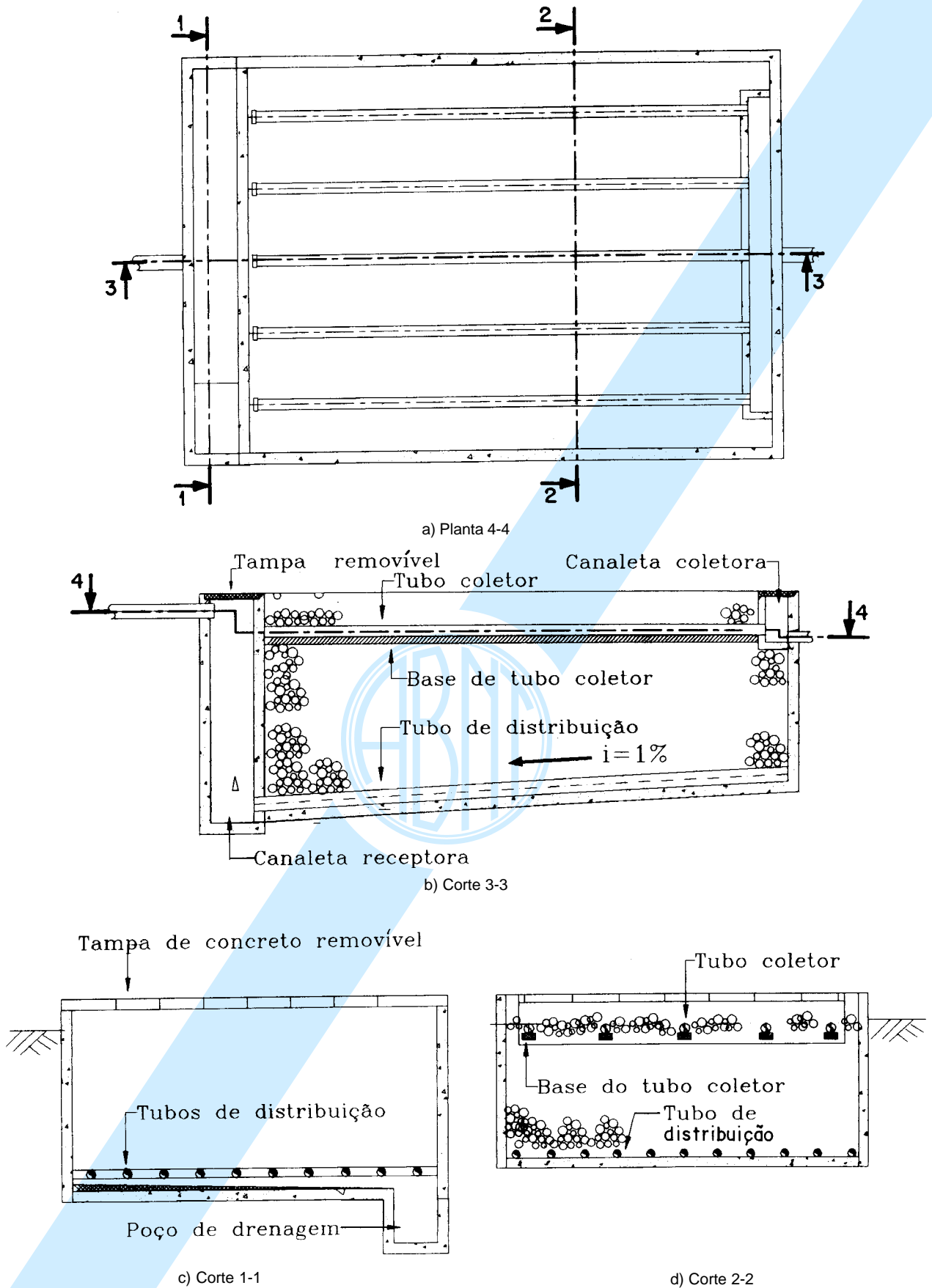


Figura B.2 - Filtro anaeróbio tipo retangular totalmente enchido de britas (sem laje de concreto)

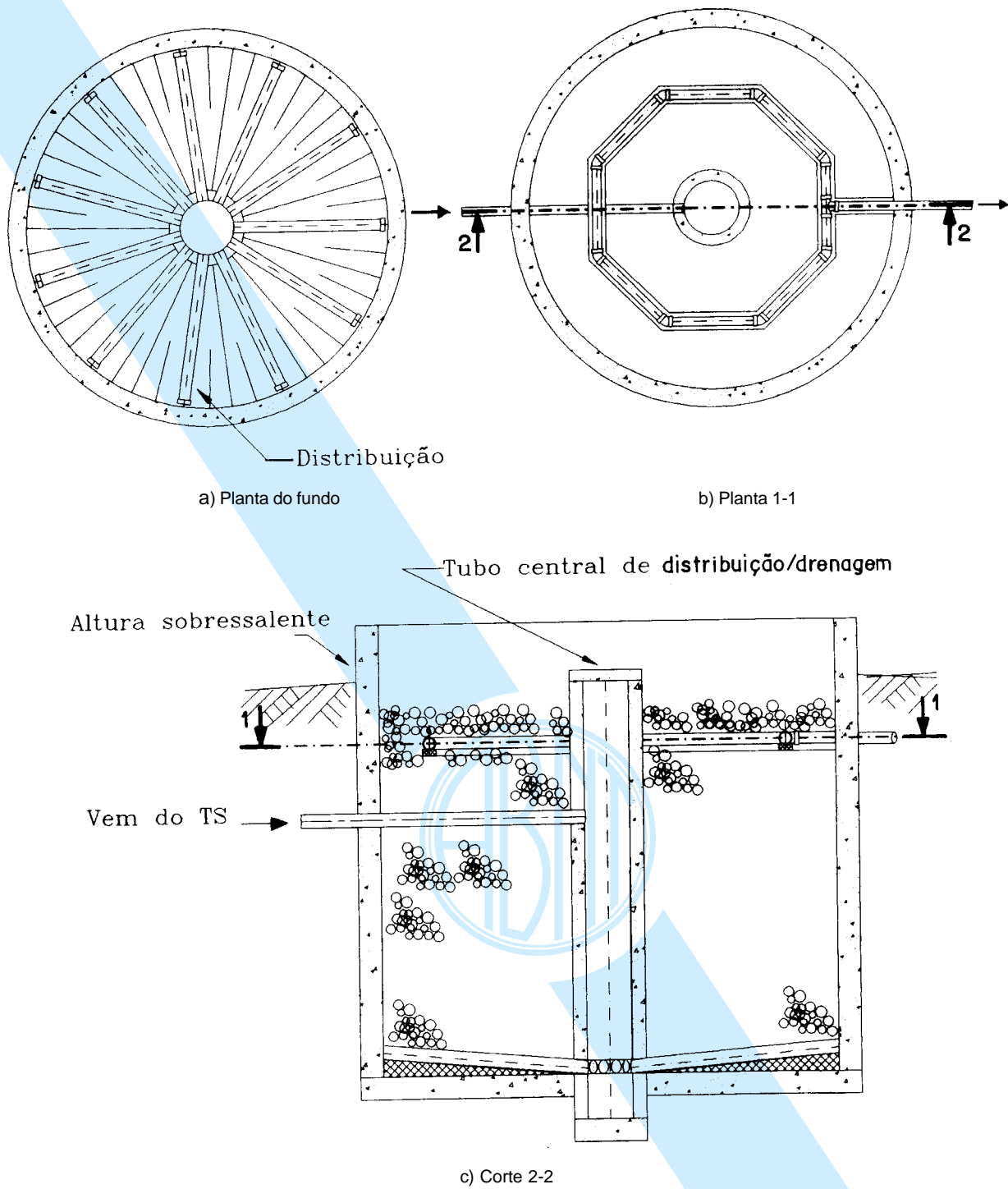


Figura B.3 - Filtro anaeróbio tipo circular totalmente enchido de britas (sem laje de concreto)

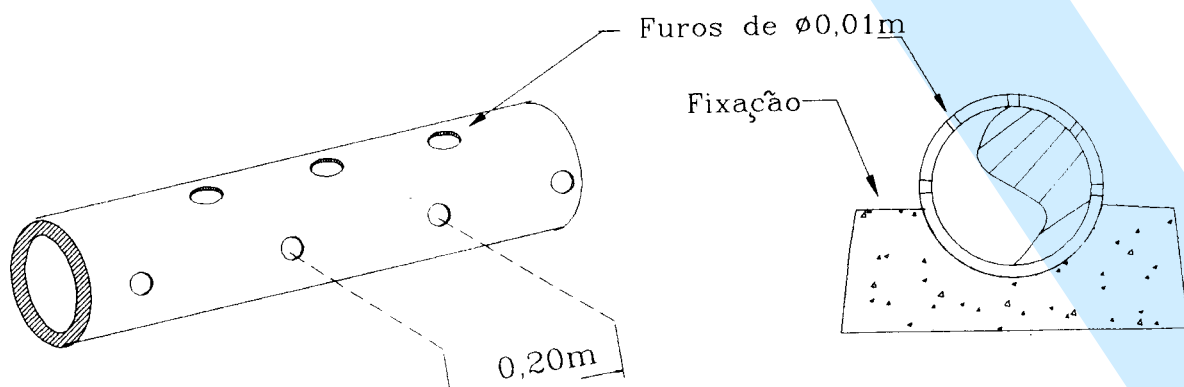


Figura B.4 - Detalhe do tubo de distribuição de esgoto



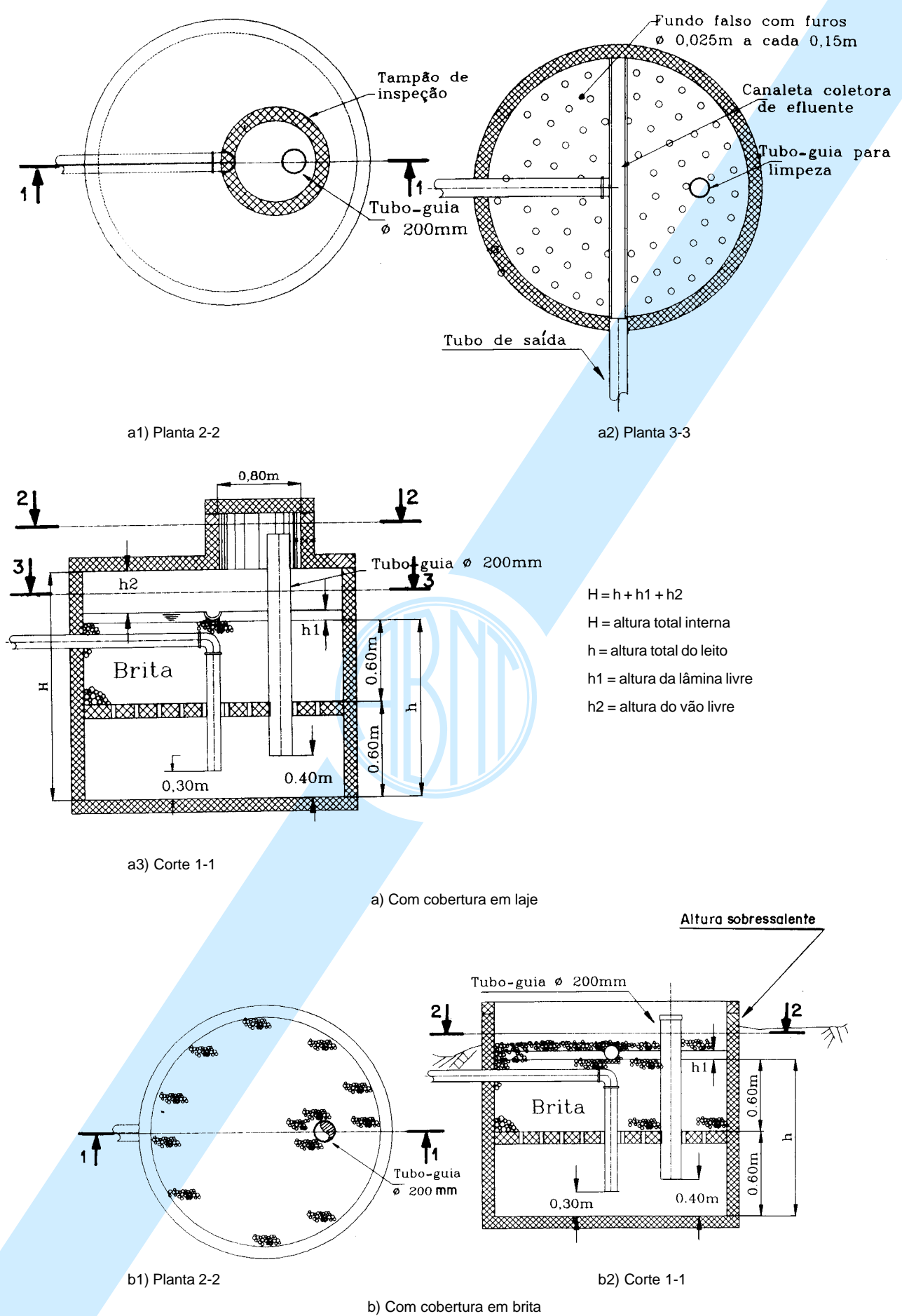


Figura B.5 - Filtro anaeróbio tipo circular com entrada única de esgoto

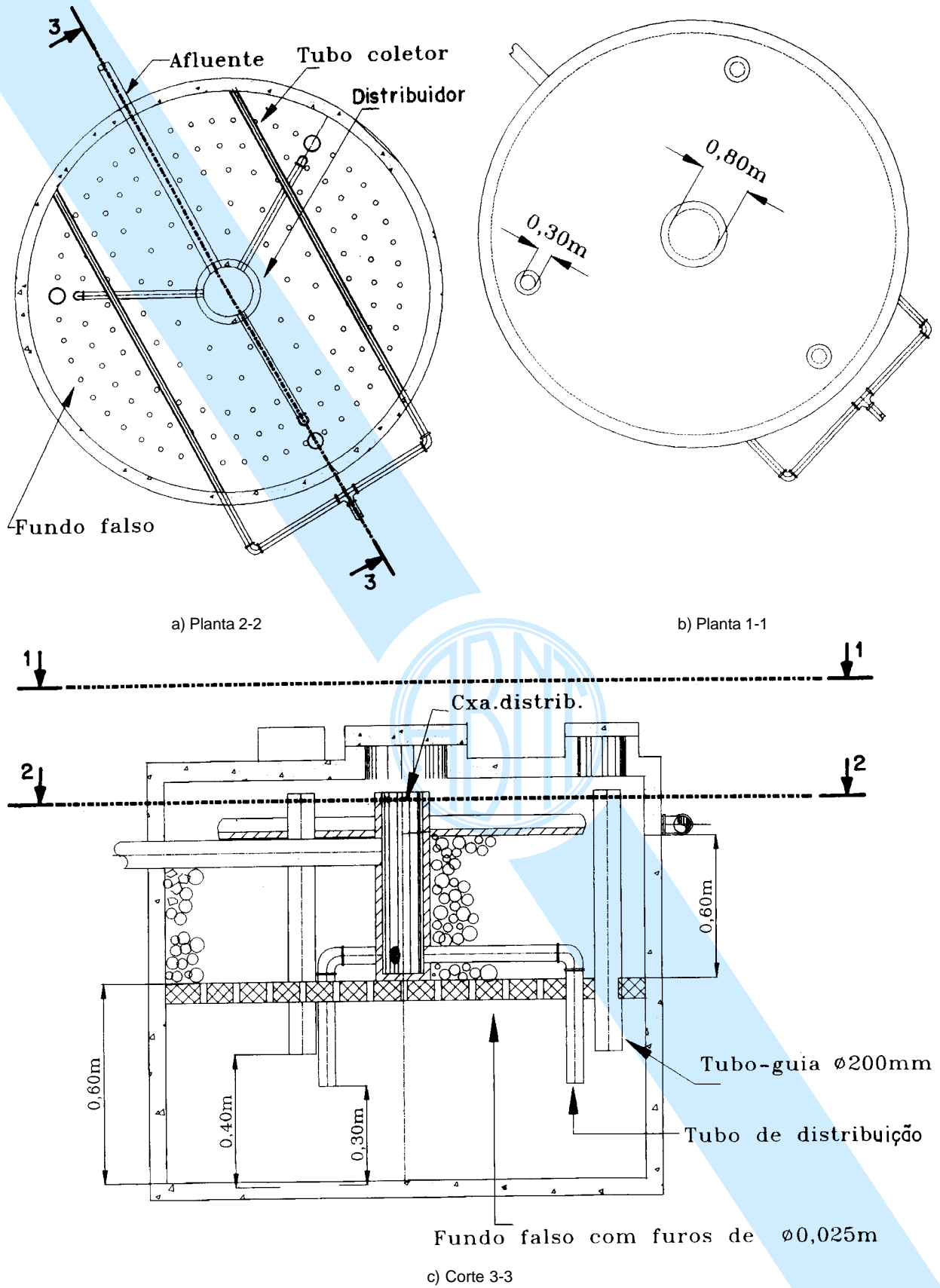


Figura B.6 - Filtro anaeróbio tipo circular com múltiplas entradas de esgoto

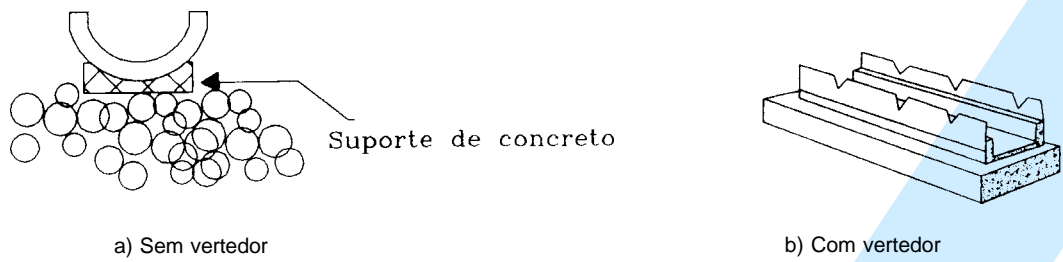


Figura B.7 - Tipos de canaletas coletoras de efluentes

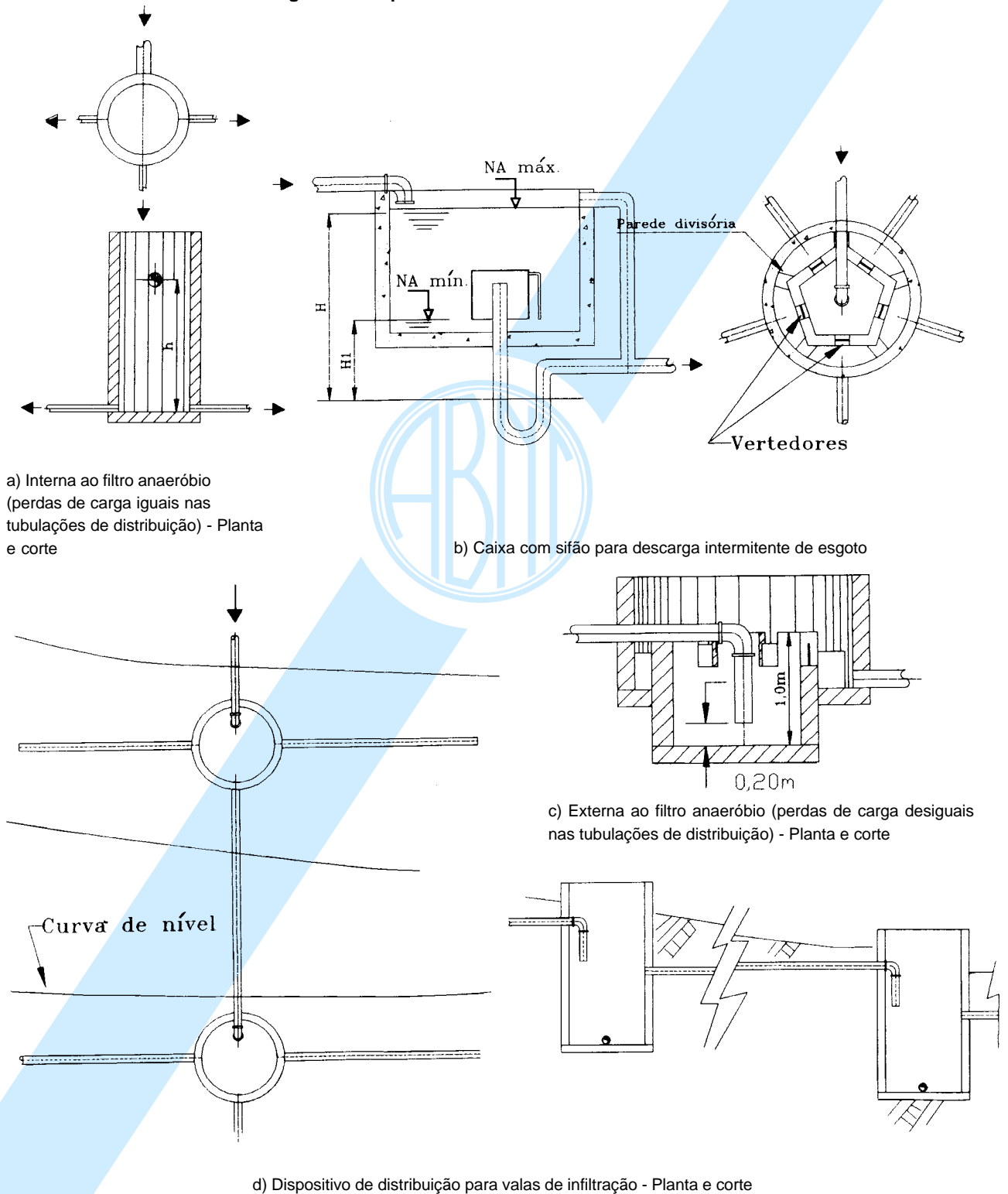


Figura B.8 - Caixas e dispositivos de distribuição de esgotos

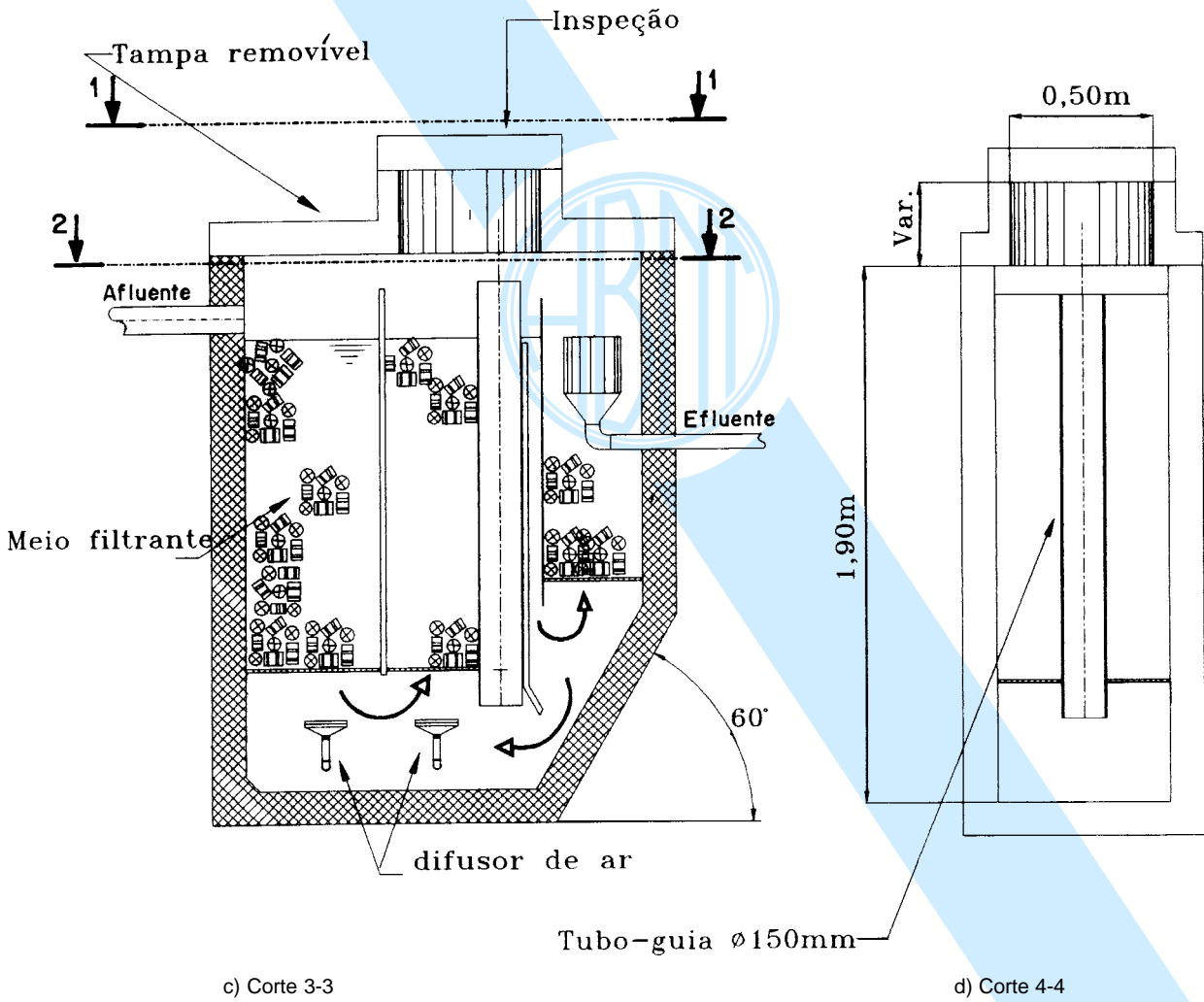
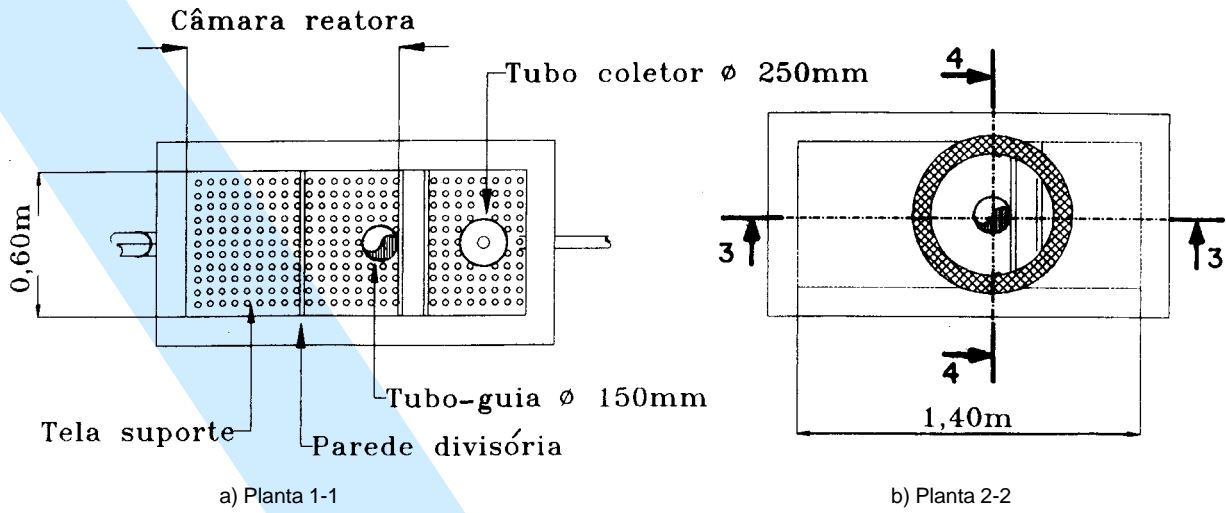
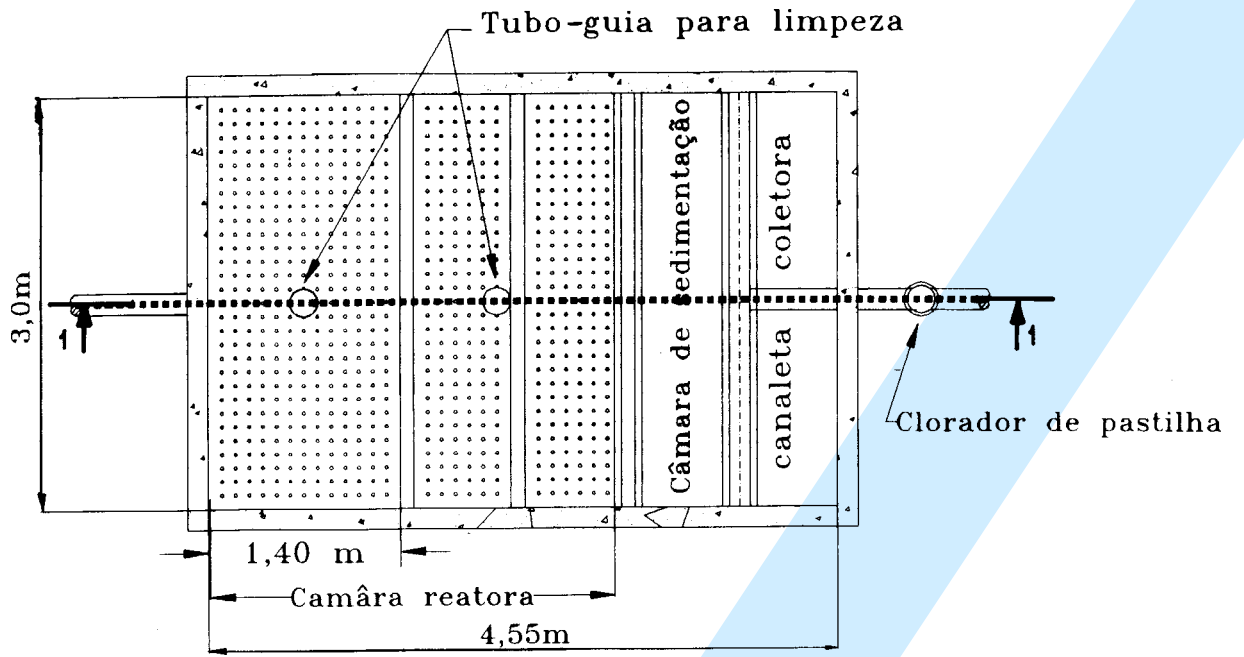
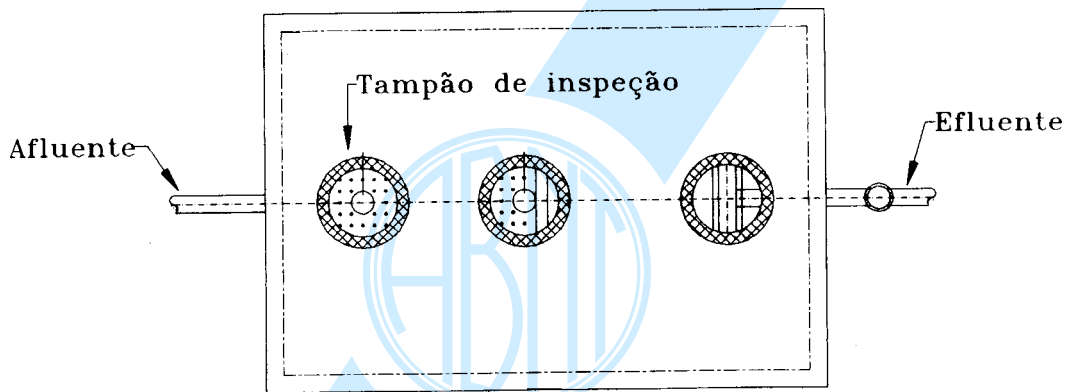


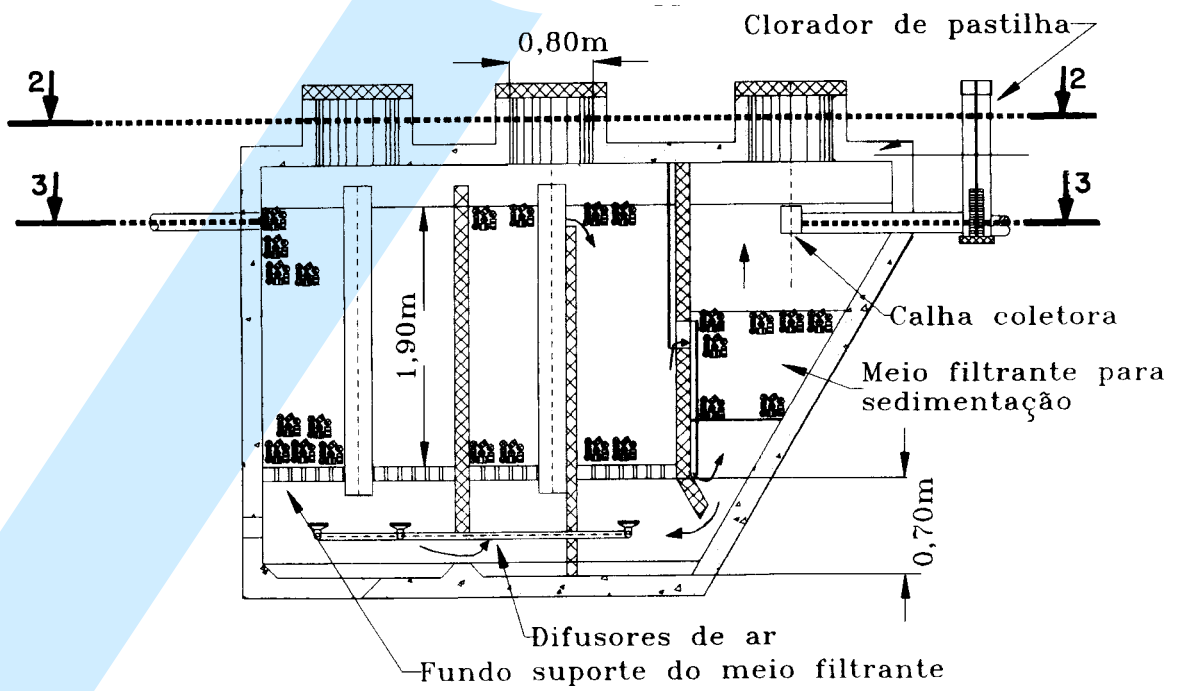
Figura B.9 - Filtro aeróbio submerso - Tipo retangular (exemplo para cinco pessoas)



a) Planta 3-3



b) Planta 2-2



c) Corte 1-1

Figura B.10 - Filtro aeróbio submerso - Tipo retangular (exemplo para 500 pessoas)



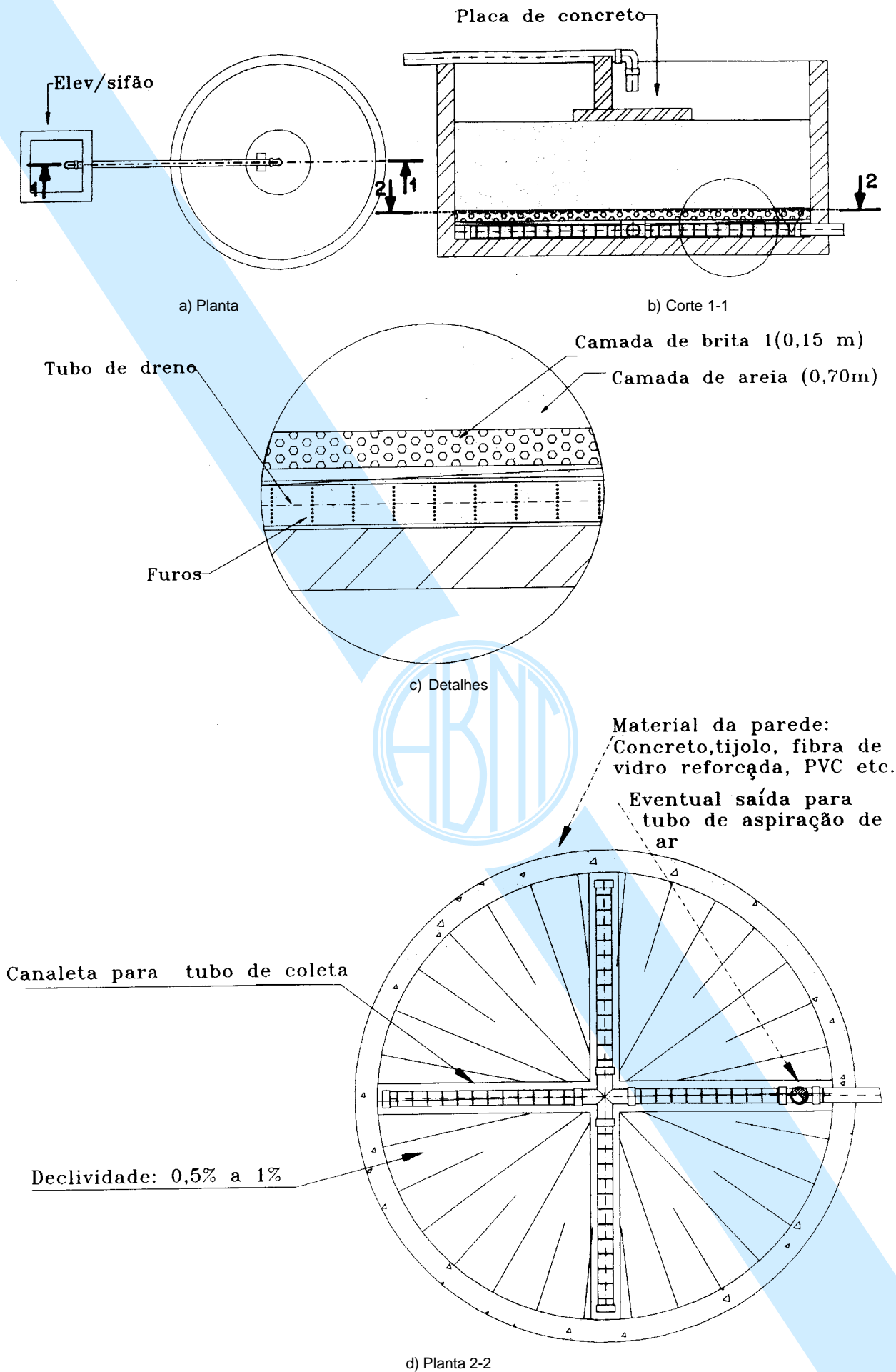
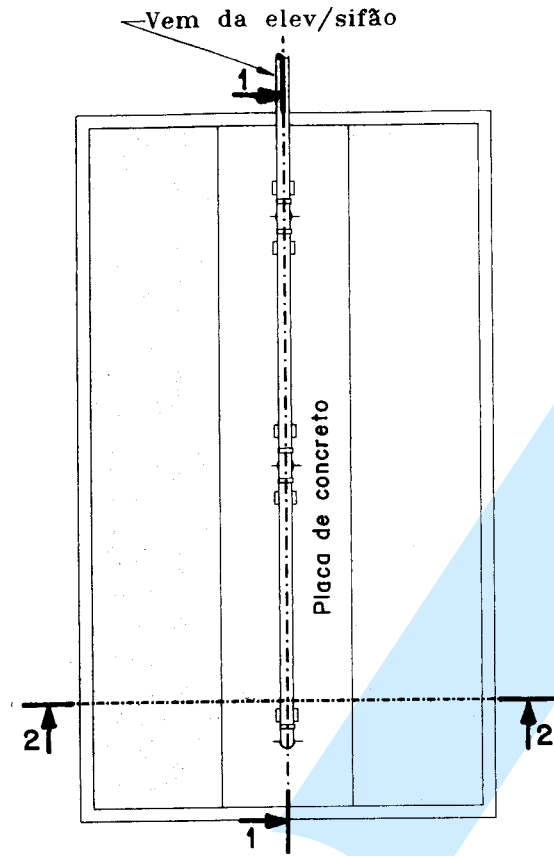
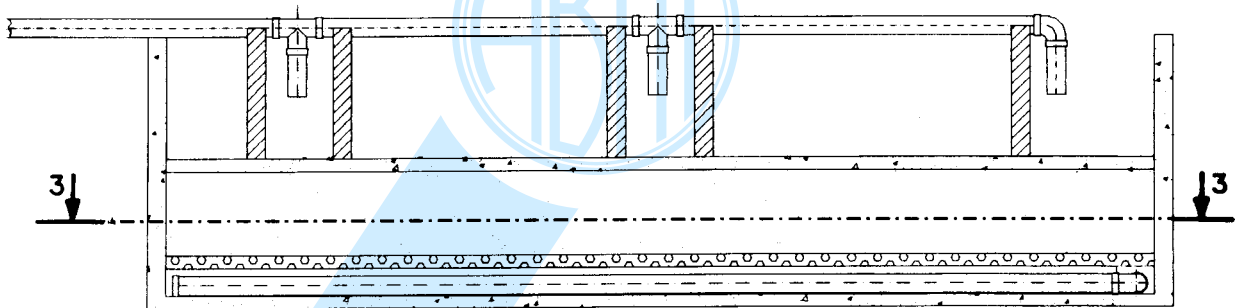


Figura B.11 - Exemplo de filtro de areia tipo circular



a) Planta



b) Corte 1-1

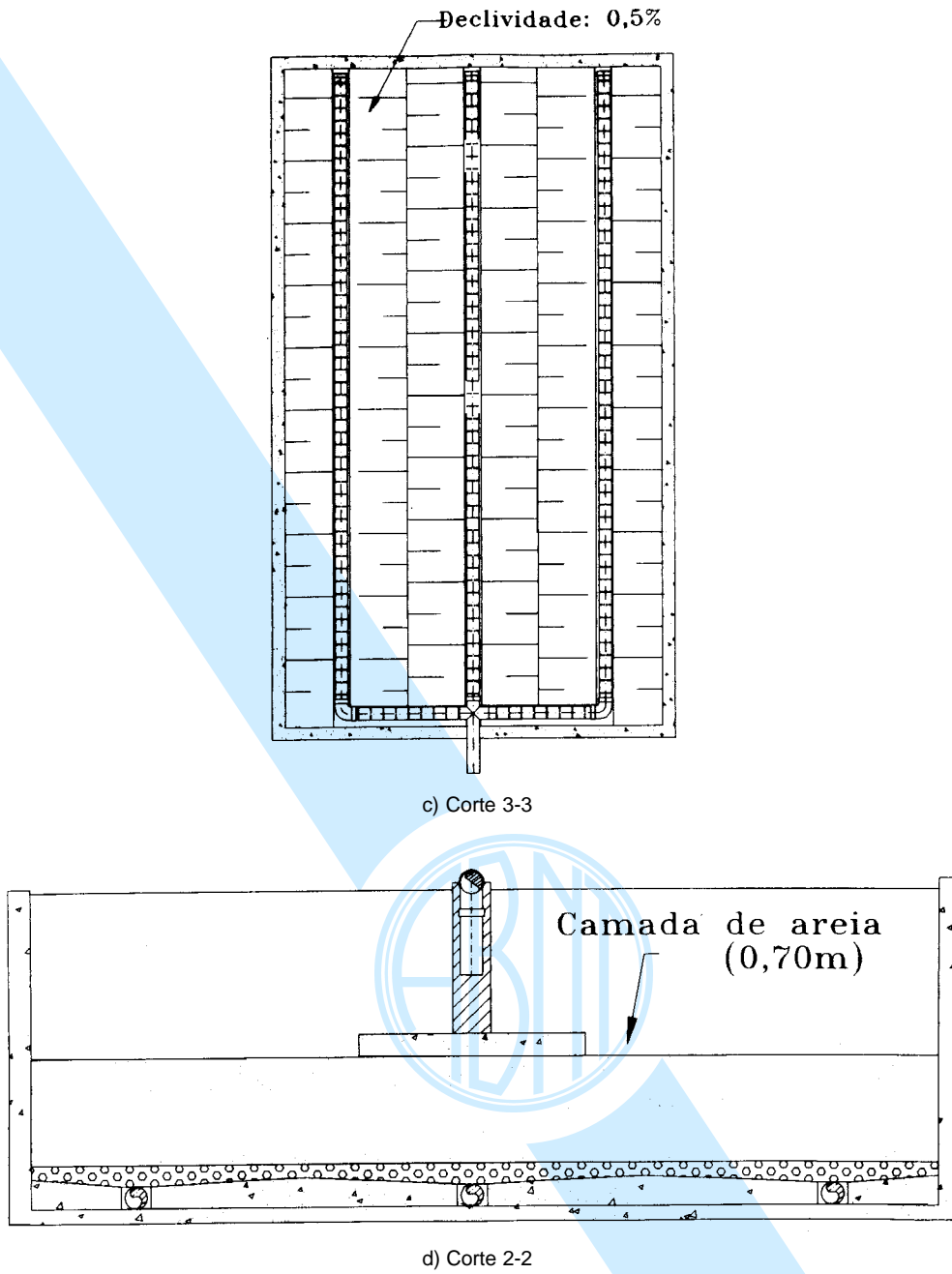


Figura B.12 - Exemplo de filtro de areia tipo retangular com respectivos dispositivos

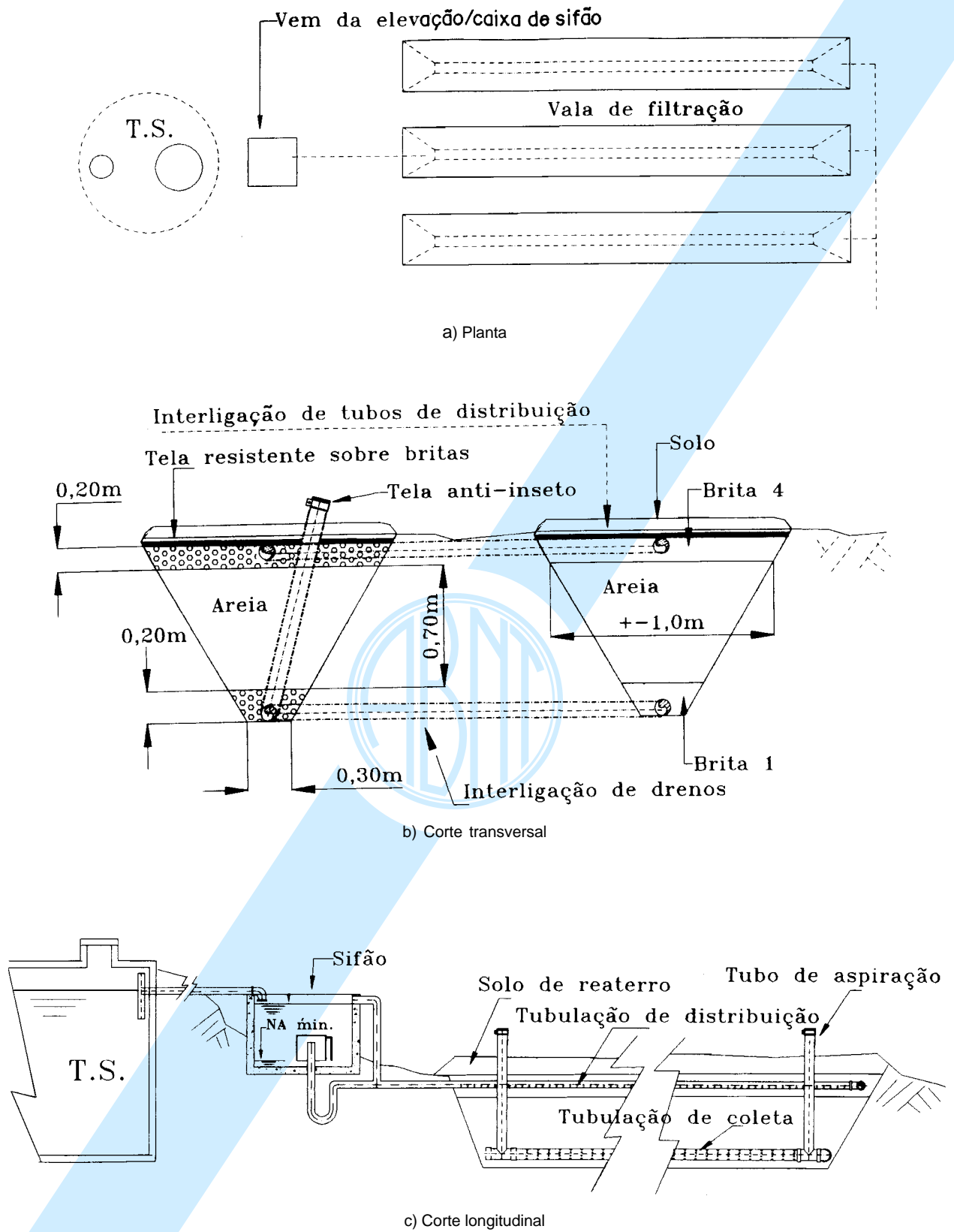


Figura B.13 - Vala de filtração típica

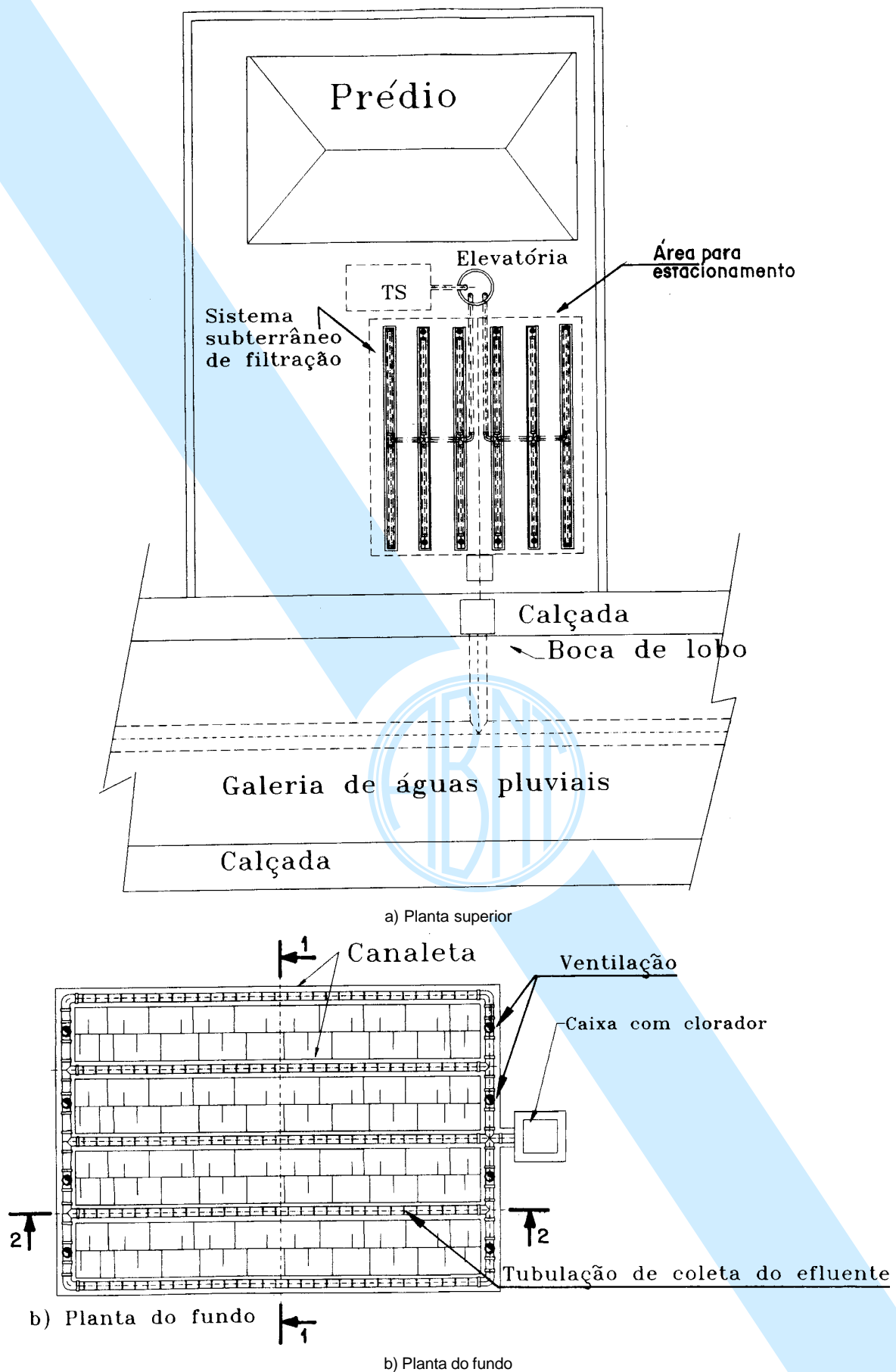


Figura B.14 - Exemplo de instalação da vala no local com espaço limitado - Plantas



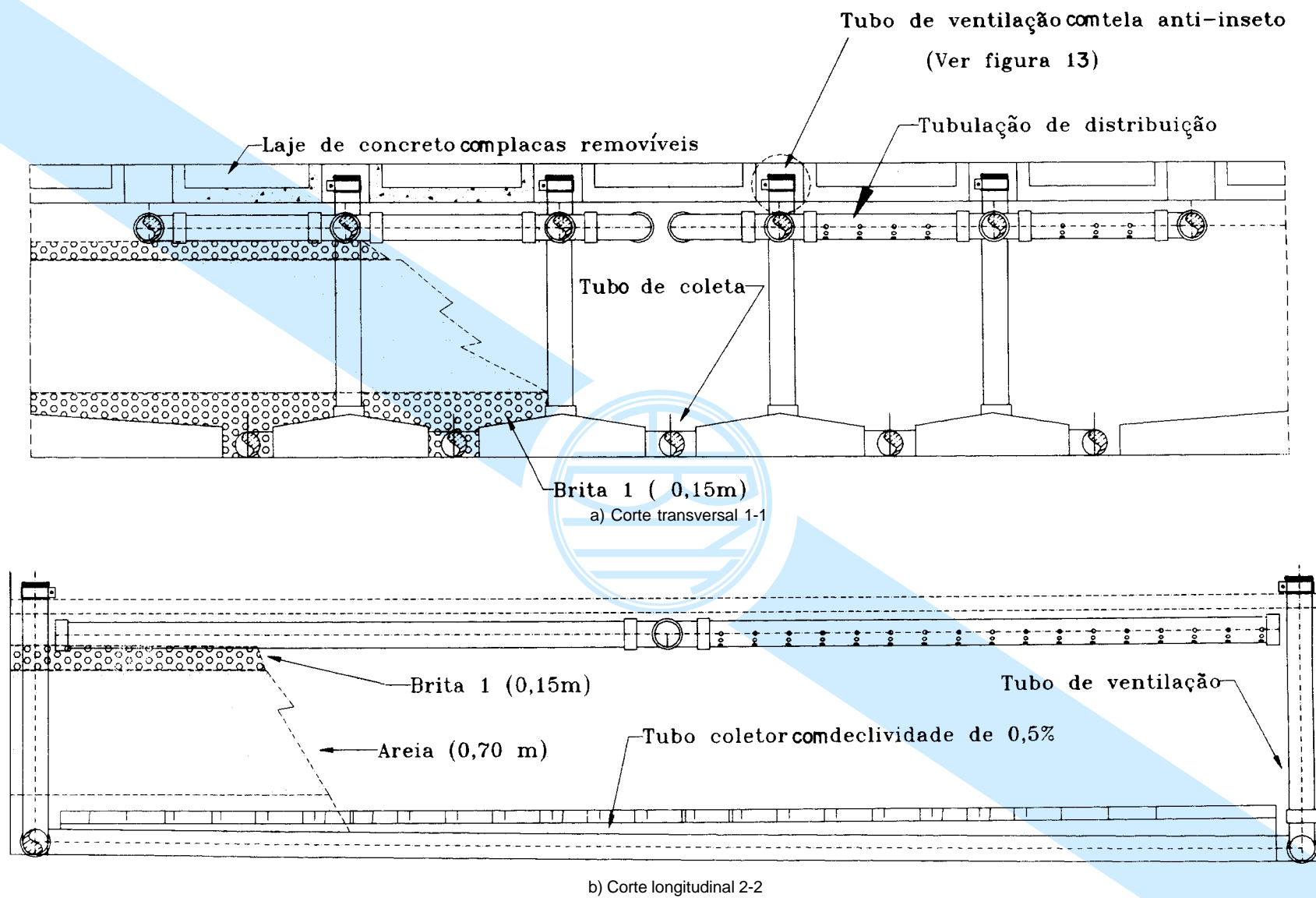
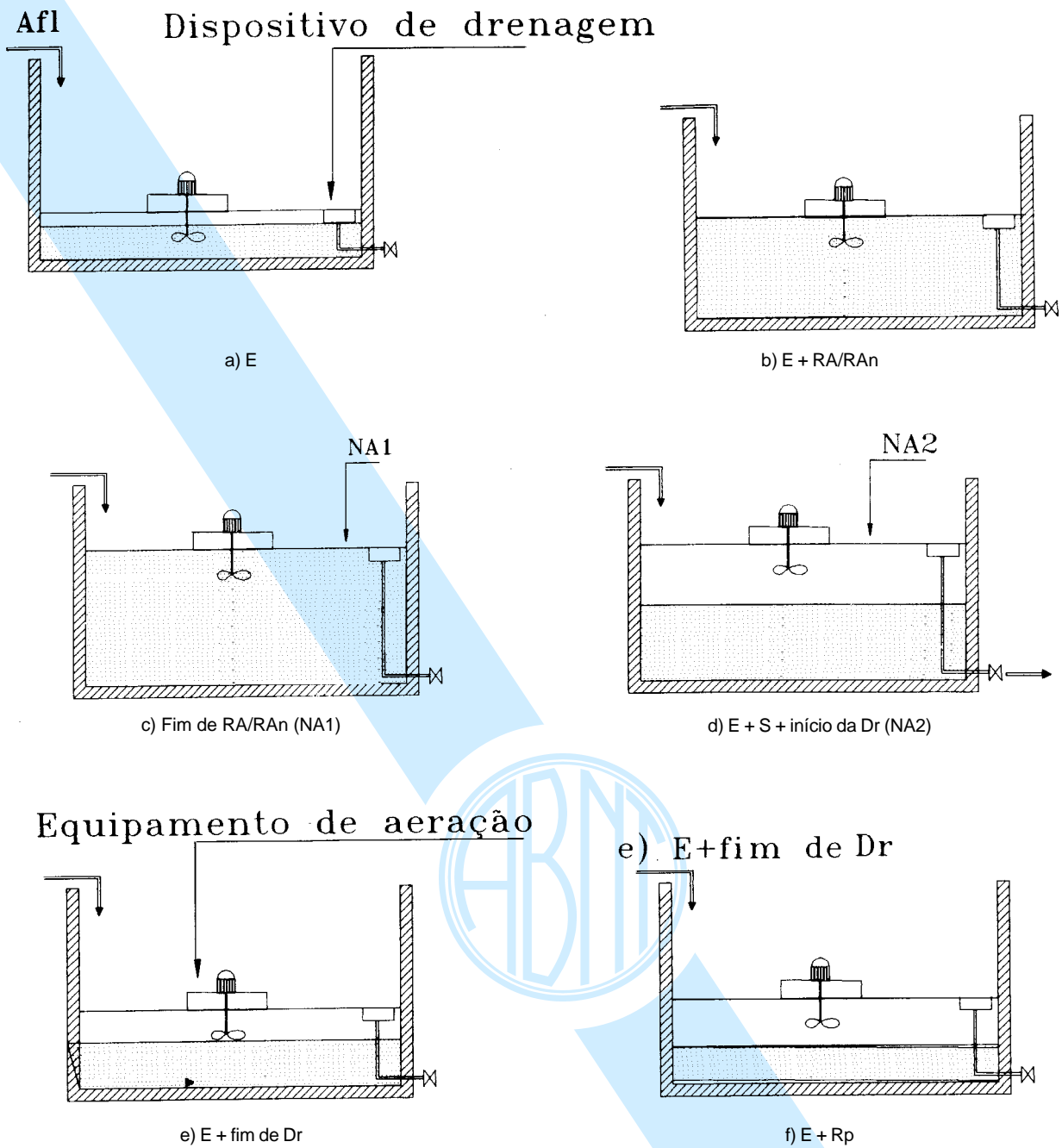


Figura B.15 - Exemplo de instalação da vala no local com espaço limitado - Cortes



- E = Enchimento
- Rp = Repouso
- RA = Reação aeróbia
- RAn = Reação anóxica
- Dr = Drenagem
- S = Sedimentação
- R1 = Reator 1
- R2 = Reator 2
- NA1 e NA2 = Níveis de água
- Afl = Esgoto afluente

**Figura B.16 - Esquema operacional de um reator de LAB**

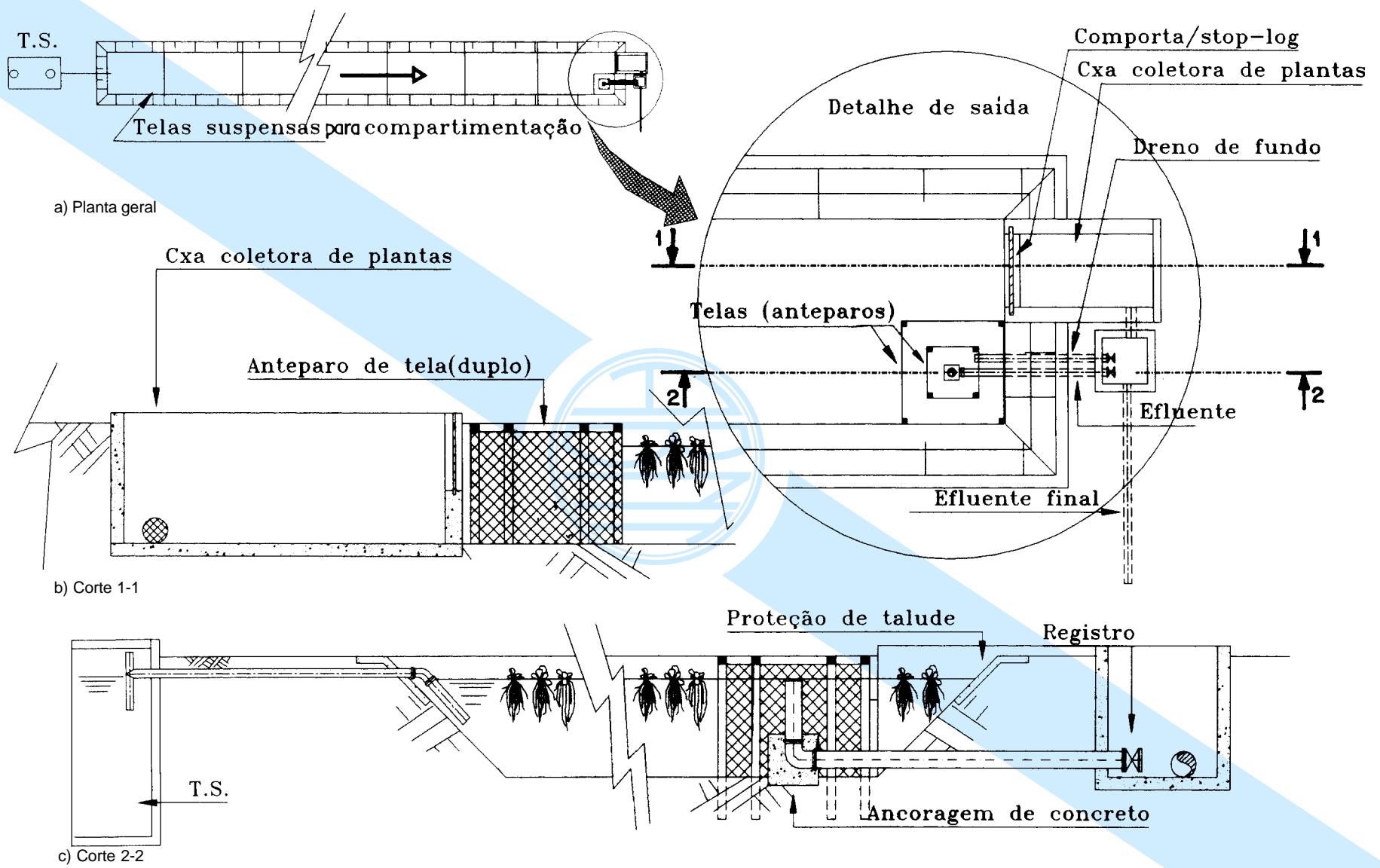


Figura B.17 - Lagoa com plantas aquáticas com exemplo de dispositivos de saída

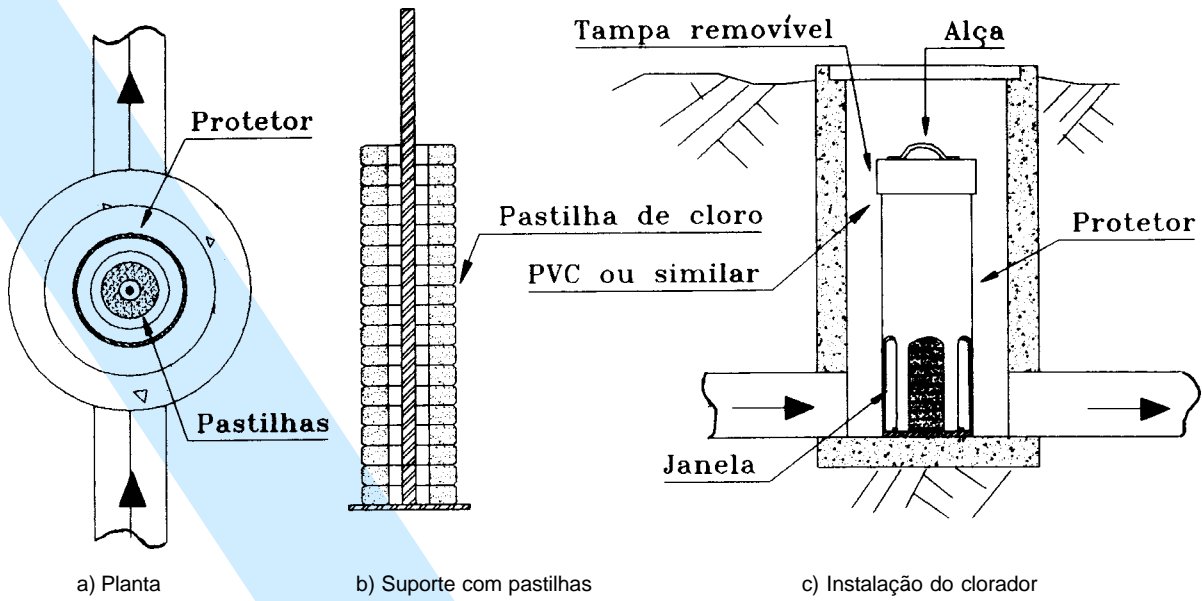
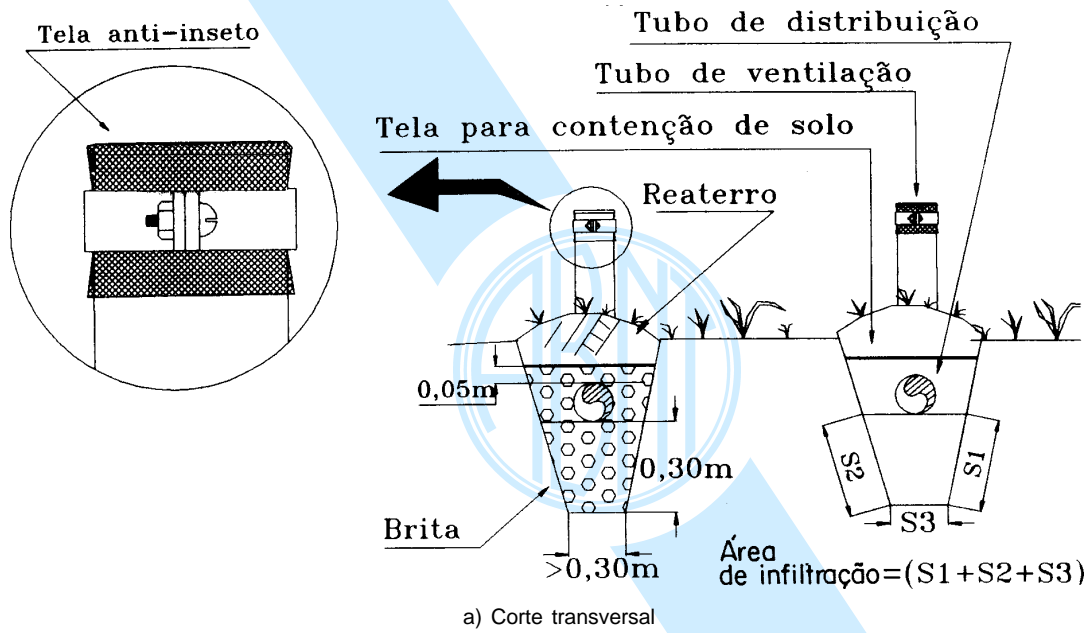


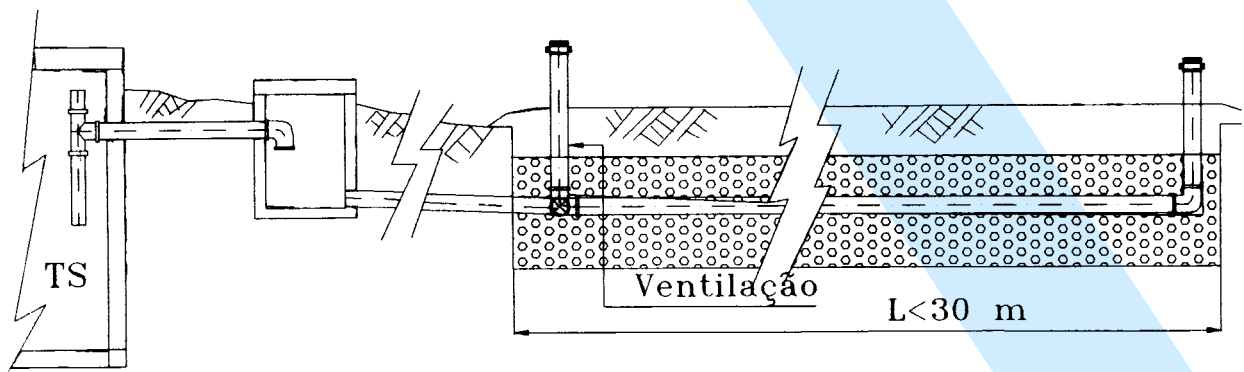
Figura B.18 - Exemplo de clorador de pastilha



a) Corte transversal

b) Corte longitudinal

Figura B.19 - Vala de infiltração - Detalhes



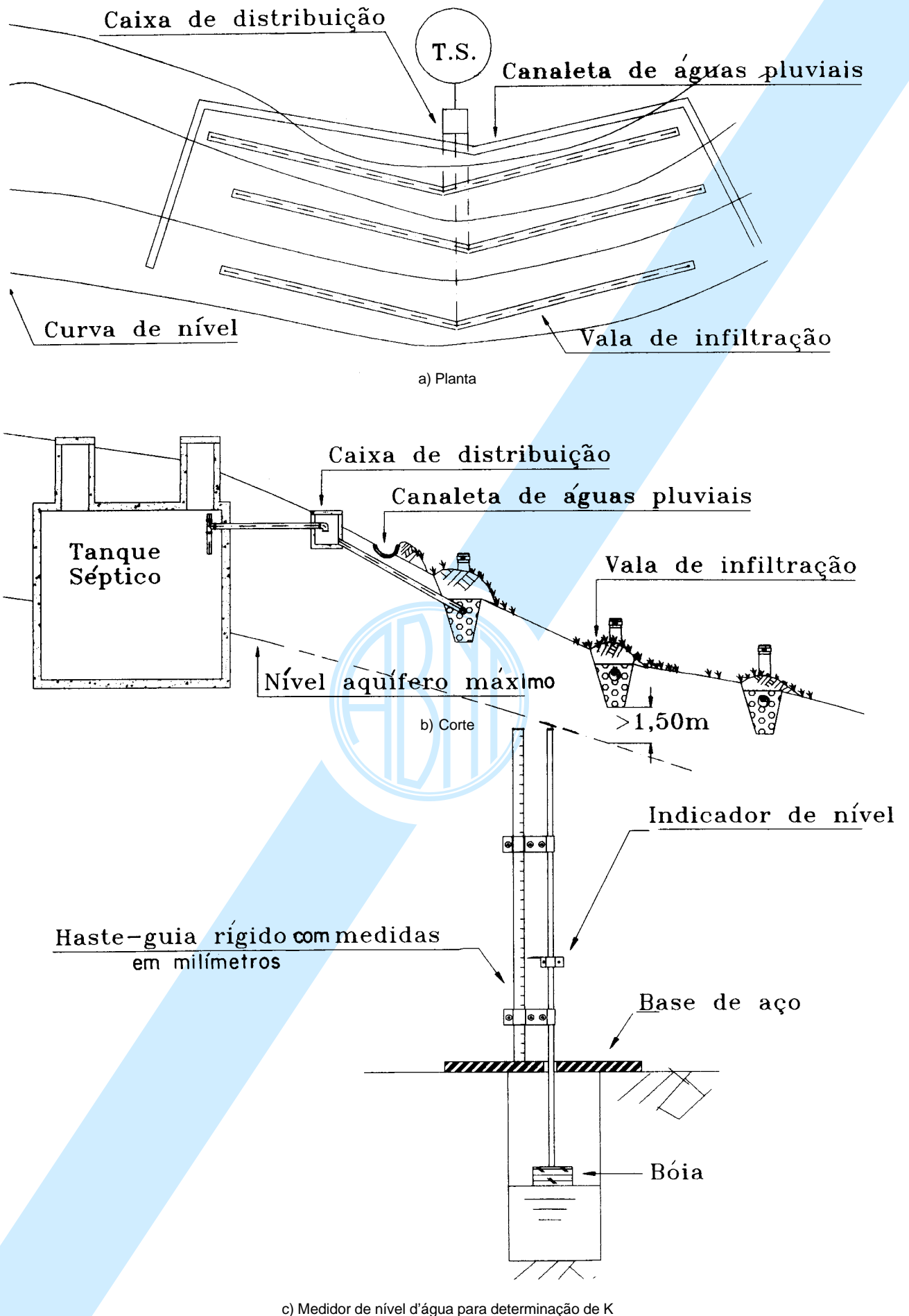


Figura B.20 - Exemplo de instalação de valas de infiltração e medidor de nível d'água para determinação de K



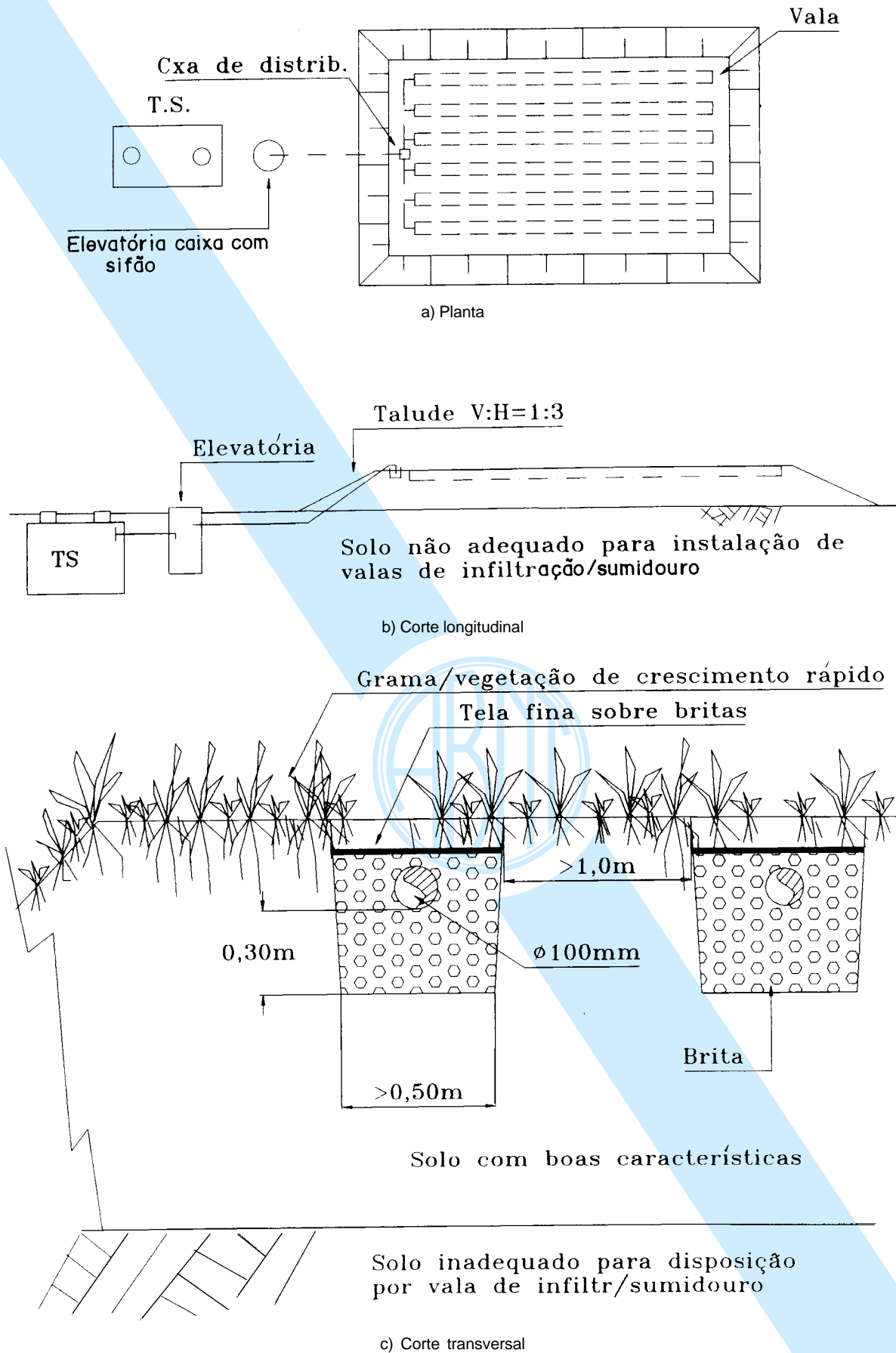
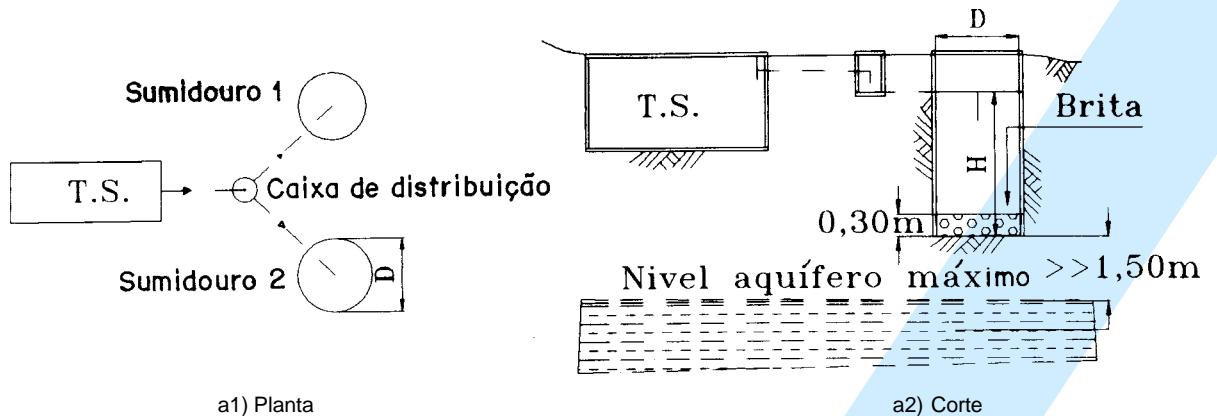
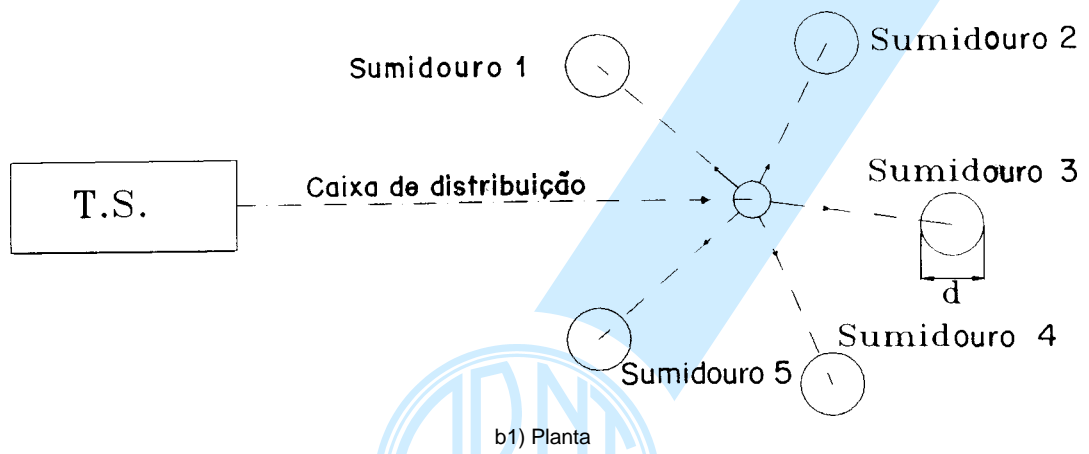


Figura B.21 - Exemplo de canteiro de infiltração - Evapotranspiração



a1) Planta  
 a2) Corte  
 a) Nível aquífero profundo, com poucos sumidouros de grandes diâmetros (D) e profundidades (H)



b1) Planta  
 b2) Corte  
 b) Nível aquífero pouco profundo, com vários sumidouros de pequenos diâmetros (d) e rasos (h)

**Figura B.22 - Sumidouros - Exemplos de instalação conforme nível aquífero**

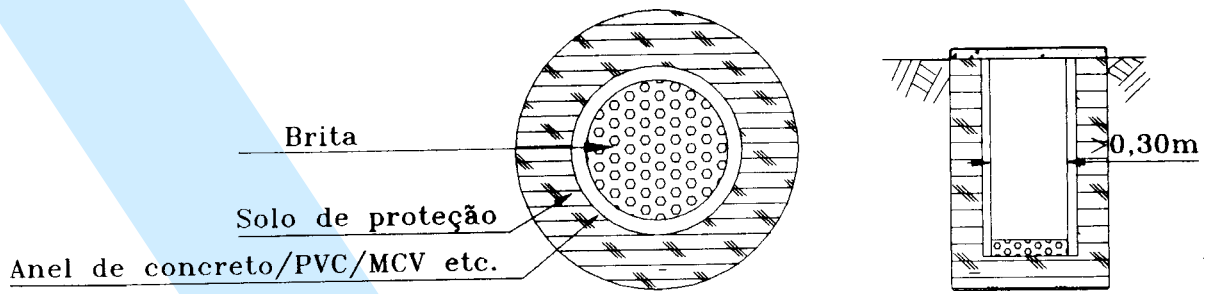


Figura B.23 - Sumidouro com proteção - Planta e corte

/ANEXO C



### Anexo C (informativo) Referências bibliográficas

As referências bibliográficas listadas a seguir são as principais fontes que serviram tanto para orientação na elaboração do texto da Norma, quanto para os dados utilizados. As referências foram divididas conforme o assunto tratado. Os assuntos classificados como não específicos ou que abrangem mais de um assunto estão sob o título "Geral".

#### Filtro anaeróbio

1. Construção e instalação de fossas sépticas e disposição dos efluentes finais - NBR 7229. Março/1982. ABNT.

2. Chiang, C. F. and Dague, R. R. "Effects of Reactor Configuration and Biomass Activity on Performance of Upflow Static Media Anaerobic Reactors" *Water Environment Research*, Vol. 64, Nº 2, Mars/April, 1992.

3. Genung, R. K. ; Donaldson, T. L. and Reed, G. D. "Pilot Scale Development of Anaerobic Filter Technology for Municipal Wastewater" *Proceeding of The Seminar/Workshop Anaerobic Treatment of Sewage*. Armhest, Ma, USA, 1985.

4. Guiot, S. R. and van den Berg, L. "Performance and Biomass Retention of Upflow An Anaerobic Reactor Combining a Sludge Blanket and A Filter" *Biotechnology Letters*. Vol. 06, Nº 3, pp. 161-164. 1984.

5. Kamiyama, Hissashi. "Revisão e Aperfeiçoamento do Sistema Tanque Séptico-Filtro Anaeróbio para o Tratamento de Esgoto Sanitário - Parte I." *Revista DAE*, Vol 53, nº 169, 1993.

6. Kamiyama, Hissashi. "Revisão e Aperfeiçoamento do Sistema Tanque Séptico-Filtro Anaeróbio para o Tratamento de Esgoto Sanitário - Parte II." *Revista DAE*, Vol 53 nº 169, 1993.

7. Projeto, construção e operação de sistemas de tanques sépticos. NBR 7229. Setembro de 1993. ABNT.

8. Song, K. H. and Young, J. C. "Media Design Factors for Fixed Bed Filters". *Journal WPCF*, Vol. 58, 1986.

9. Young, J. C. and McCarty, P. L. "The Anaerobic Filter for Waste Treatment" *Journal WPCF*, Vol. 41, Nº 5, part 02, May 1969.

10. Young, J. C. and Yang, B. S. "Design Consideration for Full Scale Anaerobic Filters" *Journal WPCF*, Vol. 61, Nº 9, September 1989.

#### Filtro aeróbio submerso

11. Circular nº 1292 de 14/07/1980. Ministério da Construção do Governo Japonês - (Novos critérios para o tratamento domiciliar de esgotos).

12. Hamoda, M. F. and Abd-El-Bary, M. F. "Operating Characteristics of The Aerated Submerged Fixed-Film (ASFF) Bioreactor" *Water Research*, Vol. 21, Nº 8, pp. 939-947. 1987.

13. Haug, Roger and McCarty, Perry L. "Nitrification with submerged filters" *Journal WPCF*, Vol. 44, nº 11, November/1972. pp. 2086-2102.

14. Lee, Kun M. and Stensel, H. David. "Aeration and substrate utilization in a sparged packed-bed biofilm reactor" *Journal WPCF*, Vol. 58, nº 11, November/1986. pp. 1066-1072.

15. Partos, D. Amar e outros. "The Use of An Upflow Fixed Bed Reactor for Treatment of a Primary Settled Domestic Sewage" *Water Research*, Vol. 20, Nº 1, pp.9-14. 1986.

16. Reis, L. G. Costa e Jr, G. L. Sant'Anna. "Aerobic Treatment of Concentrated Wastewater in A Submerged Bed Reactors" *Water Research*, Vol. 19, Nº 11, pp. 1341-1345. 1985.

17. Rusten, BjØn. "Wastewater treatment with aerated submerged biological filters" *Journal WPCF*, Vol. 56, nº 5, May/1984. pp. 424-431

18. Stensel, H. D. e outros. "Biological Aerated Filter Evaluation" *Journal of the Environmental Engineering Division - ASCE*. Vol. 114, nº 3, June 1982. pp. 655-667.

19. *Technical Advances In Biofilm Reactors*. Proceedings of the IAWPRC Conference held in Nice, France, 4-6 April 1989. Editor: J. Bernard. Pergamon Press 1990.

20. Yao, K. M. "Theoretical Study of High - Rate Sedimentation" *Journal WPCF*, Vol. 42, nº 2, part 1, February, 1970 pp. 218-219.

#### Vala de filtração e filtro de areia

21. *Septic Tank-Sand Filter Systems For Treatment of Domestic Sewage*. Applied Science Section Pollution Control Branch. Publication nº W.64, June 1977. Ministry of the Environment, Toronto, Ontario, Canada.

22. Philippi, Luiz Sérgio. "Étude Experimentale de Dispositifs D'Assainissement Autonome. Applications en Conditions Reelles." Tese apresentada para obtenção do Grau de Doutor da Universidade de Montpellier I. França, abril de 1992.

23. Simons, A.P. and Magdoff, F.R. "Disposal of Septic Tank Effluent in Mound and Sand Filter-Trench Systems on a Clay Soil." *Journal of Environmental Quality - Vol. 8, nº 4, 1979. pp. 469-473.*

24. Willman, B.P.; Petersen, G.W. and Fritton, D.D. "Renovation of Septic Tank Effluent in Sand-Clay Mixtures." *Journal of Environmental Quality - Vol. 10, nº 4, 1981. pp.439-444.*

25. Gross, M.A. and Mitchell, D. "Virus Removal by Sand Filtration of Septic Tank Effluent" *Journal of Environmental Engineering*. Vol. 116, nº 4, July/August, 1990. ASCE. pp. 711-720.

26. Pell, Mikael; Nyberg, Fred and Ljunggren, Hans. "Microbial Numbers and Activity During Infiltration of Septic Tank Effluent in a Subsurface Sand Filter" *Water Research*, Vol. 24, nº 11, pp.1347-1354, 1990.

27. Brandes, Marek. "Effect of Precipitation and Evapotranspiration of a Septic Tank-Sand Filter Disposal System". *Journal WPCF*, Vol. 52, nº 1, January/1980. pp. 59-75.

28. Influence De La Granulometrie Du Materiau Filtrant En Eparation Par Infiltration-Percolation. Ministere De L'Environnement. Direction De L'Eau. Etude Inter Agences De L'Eau Nº 8. França, 1992.

#### **Lodo ativado por batelada (LAB)**

29. Kamiyama, Hissashi. "Lodo Ativado por Batelada (LAB): Suas vantagens no tratamento de esgotos das comunidades de médio e pequeno porte - Parte I" *Revista DAE*, vol. 49 nº 157. 1989

30. Kamiyama, Hissashi. "Lodo Ativado por Batelada (LAB): Suas vantagens no tratamento de esgotos das comunidades de médio e pequeno porte-parte II" *Revista DAE*, Vol. 50 nº 159. 1990.

31. Qasim, Syed R. *Wastewater Treatment Plants. Planning, Design, and Operation*. CBS College Publishing, Holt, Rinehart and Winston. 1985.

#### **Disposição final dos efluentes de tanque séptico**

32. Alternatives for small wastewater treatment systems - On-site disposal/septage treatment and disposal. USEPA - Technology Transfer Seminar Publication-625/4-77-011

33. Bouchard, Dermont C. Williams, Mary K. and Surampalli, Rao Y. "Nitrate contamination of groundwater: Sources and potential health effects". *Journal AWWA*, September 1992, pp.85-90.

34. Bouma, J. e outros. "A Mound System for Onsite Disposal of Septic Tank Effluent in Slowly Permeable Soils with Seasonally Perched Water Tables". *Journal of Environmental Quality* - Vol. 4, nº 3, 1975.

35. Cogger, Craig. "On-site septic systems: The risk of groundwater contamination" - *Journal of Environmental Health* - vol. 51, nº 01 pp 12-16.

36. Coutinho, Ataulpho. "Estudo sobre o emprego de fossas sépticas". Tese apresentada à Escola Nacional de Engenharia da Universidade do Brasil para o concurso de Livre Docência da Cadeira XVI. Rio de Janeiro, janeiro de 1966.

37. Design manual on-site wastewater treatment and disposal systems - EPA - 1980

38. Ebers, T. and Bischofsberger, W. "Contamination of groundwater by septic tank percolation systems." *Water Science Technology*. Vol.19, Rio. pp 1275-1279. 1987.

39. Hagedorn, C; Hansen, D.T. and Simonsen, G.H. "Survival and Movement of Fecal Indicator Bacteria in Soil under Conditions of Saturated Flow". *Journal of Environmental Quality* - Vol. 7, nº 1, 1978. pp.55-59.

40. Hurst, Christon J; Gerba, Charles P. and Cech, Irina. "Effects of Environmental Variables and Soil Characteristics on Virus Survival in Soil". *Applied and Environmental Microbiology*, Dec.1980, pp1067-1079.

41. Lewis, V.H; Jones, P.W. and Redhead, D.L. "The Fate of Bacterial Pathogens in Sewage Treatment Processes" *Water Pollution Control*, 1981, pp.42-53.

42. Magdoff, F.R. e outros. "Columns Representing Mound-type Disposal Systems for Septic Tank Effluent: II. Nutrient Transformation and Bacterial Populations." *Journal of Environmental Quality* - Vol. 3, nº 3, 1974. pp. 228-234.

43. Manual Para El Diseño, Operation Y Mantenimiento De Tanques Septicos. U.S. Department of Health, Education, and Welfare. 1965. Tradução e edição mexicana pelo Centro Regional De Ayuda Tecnica, México.

44. McGinnis, James A and DeWalle, Foppe. "The movement of typhoid organisms in saturated, permeable soil" *Journal AWWA*. June 1983. pp. 266-271.

45. Otis, Richard J. "Pressure Distribution Design for Septic Tank Systems" *Journal of the Environmental Engineering Division - ASCE*. Vol.108, nº EE1, February 1982. pp. 123-140.

46. Perkins, Richard J. "Septic Tanks, Lot Size and Pollution of Water Table Aquifers." *Journal of Environmental Health*. Vol. 46, nº 6. pp. 298-304.

47. Risco de Poluição do Lençol Freático por Sistemas de Disposição Local de Esgotos. Edição da IRCWD. Tradução e edição brasileira pelo Ministério de Desenvolvimento Urbano e Meio Ambiente. 1989.

48. Sullivan, A. Eugene. "Longer Life for Subsurface Disposal Systems." *WaterSewage Works*. February, 1975. pp.56-59.

49. Thomas, Harold A. e outros. "Technology and economics of household sewage disposal systems" *Journal WPCF*, vol. 32, nº 2, pp. 113-140.

50. Viraraghavan, T. "Travel of microorganisms from a septic tile". *Water, Air, and Soil Pollution* 9(1978) 355-362. D.Reidel Publishing Company, Dordrecht, Holland.

51. Vries, J. DE. "Soil filtration of wastewater effluent and the mechanism of pore clogging." *Journal WPCF*. Vol. 44, nº 4, April 1972. pp. 565-573.

52. Walker, W.G e outros. "Nitrogen Transformation During Subsurface Disposal of Septic Tank Effluent in Sands: II. Ground Water Quality". *Journal of Environmental Quality* - Vol. 2, nº 4, 1973. pp.521-525.

#### **Reuso**

53. Brown, Lester R. *Qualidade de Vida 1993. Salve o Planeta!* Worldwatch Institute Tradução de Newton Roberval Eichenberger e Maria de Lourdes Eichenberger. Editora Globo, 1993.



54. Duncan, David L. "Individual household recirculating waste disposal system for rural Alaska." Journal WPCF Vol 36, nº 12. pp.1468-1478.

55. Nelson, John Olaf. "Water Audit Encourages Residents to Reduce Consumption" Journal AWWA, October 1992.pp.59-64.

56. Ploeser, Jane H.;Pike, Charles W. and Kobrick, J.D. "Nonresidential Water Conservation: A Good Investment" Journal AWWA, October 1992.pp.65-73.

57. Rothstein, Eric. "Water Demand Monitoring in Austin,Texas." Journal AWWA, October 1992.pp.52-58.

58. Water Reuse - Manual of Practice SM-3. Water Pollution Control Federation . 1989 Second edition.

### Geral

59. Bailey, James R. e outros. "Water Flow Reduction from Households." WaterSewage Works. Reference Number-1975. pp. R-57 - R-66.

60. Barshed, Robert D. and El-Baroudi, Hassan M. "Physical - chemical treatment of septic tank effluent" - Journal WPCF. Vol. 46, nº 10, October 1974. pp. 2347-2354.

61. Dea, Stanley J. and Head, P.E.Glen. "Aerobic Digestion and Evapotranspiration in Home Disposal Systems." WaterSewage Works. Reference Number-1975. pp. R-76 - R-82.

62. Decreto nº 32.955, de 07/02/1991. Regulamenta a Lei Estadual nº 6.134 de 02/06/1988.

63. DeWalle, Foppe B; Schaff, Russell M and Hatlen, Jack B. "Well water quality deterioration in Central Pierce County, Washington". Journal AWWA. September,1980.

64. Epuration Par Infiltration-Percolation: Aspects Regimentaires Lies Au Rejet Dans Milieu Souterrain. Ministere De L'Environnement. Direction De L'Eau. Etude Inter Agences De L'Eau N°4.. França,1991.

65. Groundwater Pollution. An Executive Overview of the Latin American Caribbean Situation in Relation to Potable Water Supply. WHO, 1987.

66. Gunther, F. Craun." Outbreaks of waterborne disease in the United States -1971-1978. Journal AWWA. July 1981. pp360-369.

67. Ho,Goen E. e outros. "Groundwater Recharge of Sewage Effluent Through Amended Sand." Water Research. Vol 26, nº 3, pp.285-293.1992.

68. Jr, Joseph A. Salvato. Environmental Engineering and Sanitation. Environmental Science and Technology Series. 2º Edition.USA.

69. Kamiyama, Hissashi. "Sistema Local de Tratamento de Esgotos e a Revisão da NBR 7229/82" Trabalho apresentado no 18º Congresso Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental. Salvador, 17 a 23/09/95

70. Legislação Federal. Controle de Poluição Ambiental (atualização até outubro/1993). Série Documentos. Cetesb, 1993.

71. Legislação Estadual - Controle da Poluição Ambiental. Estado de São Paulo.(atualizado até fevereiro/1994). Série Documentos. Cetesb, 1994.

72. Lei Estadual nº 6.134 de 02/06/1988. Dispõe sobre a preservação dos depósitos de águas subterrâneas do Estado de SP e dá outras providências.

73. Metcalf & Eddy . Wastewater Engineering. Treatment, Disposal and Reuse. Third Edition. McGraw-Hill International Editions. Singapore, 1991.

74. Monahan, Rosemary e outros. "Controlling Nitrogen in Coastal Waters" Civil Engineering. March 1992. pp. 56-59.

75. Nimer, Edmon. Climatologia do Brasil. IBGE, 2ª edição, Rio de Janeiro.

76. Noss, Richard R and Ellis, Michael. "Septic System Maintenance Management". Journal of Urban Planning and Development . Vol. 114, nº 2, Dec. 1988. ASCE. pp. 73-90.

77. Olivieri, Adam W; Roche, Robert J. and Johnston, G.L. "Guideline for control of septic tank systems" Journal of the Environmental Engineering Division - ASCE. Vol. 107, nº EE5. October, 1981. pp. 1025-1033.

78. Otis, R.J.;Hutzler,N.J. and Boyle, W.C. "On-site household wastewater treatment alternatives: Laboratory and field studies." Water Research. Vol 8, pp. 1099-1113.1974.

79. Pacheco, A. e outros. "Cemeteries - A Potential Risk to Groundwater" Water Science Technology. Vol. 24, nº 11. pp.97-104.1991.

80. Prins, Christopher J. and Lustig, Kenneth W. "Innovative septic systems management". Journal WPCF, Vol. 60, nº 5. pp.614-620.

81. Rajagopal, R. e outros. "Water quality and economic criteria for rural wastewater and water supply systems" . Journal WPCF. Vol 47, nº 7, July 1975. pp. 1834-1846.

82. Rossin, Antonio C; Narchi, Hélio; Aizawa, Eduardo K. "Uma verificação do uso de fossas sépticas em comunidades do litoral paulista" Trabalho apresentado no Seminário Internacional - CIB W 62. São Paulo, de 14 a 16 de setembro de 1987.

83. Siegrist, R.; Witt, Michael and Boyle, William C. "Characteristics of rural household wastewater" Journal of the Environmental Engineering Division - ASCE. Vol. 102, nº EE3, June 1976. pp. 533-548.

84. Shulters, Michael V. "Water quality monitoring in a limited-use watershed" Journal AWWA. July 1981. pp.334-339.

85. Small Wastewater Treatment Plants. Proceedings of the IAWPRC Conference held in Trondheim, Norway,26-28 June 1989. Editor: H. Degaard.. Pergamon Press, 1990.

86. Standard Methods for Examination for Water and Wastewater -AWWA e EPA- 18ª edição ou posterior.

87. Teixeira, A. de Rosa e Morandi, Iara C. "Fossas sépticas em uso na cidade de Porto Alegre.". Trabalho apresentado no 1º Simpósio Ítalo-Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental. Rio de Janeiro-RJ, 29/03/1992 a 03/04/1992.

88. Traitement Des Eaux Usees Domestiques Par Lits D'Infiltration-Percolation Sur Sable Etude Experimentale Du Site De Saint Symphorien De Lay (42). Mnistere De L'Énvironment. Direction De L'Eau. Etude Inter Agences De L'Eau. França, 1991.

89. Tucci, Carlos E.M. (organizador). Hidrologia - Ciência e aplicação. Editora da Universidade:ABRH:Edusp,1993.

---

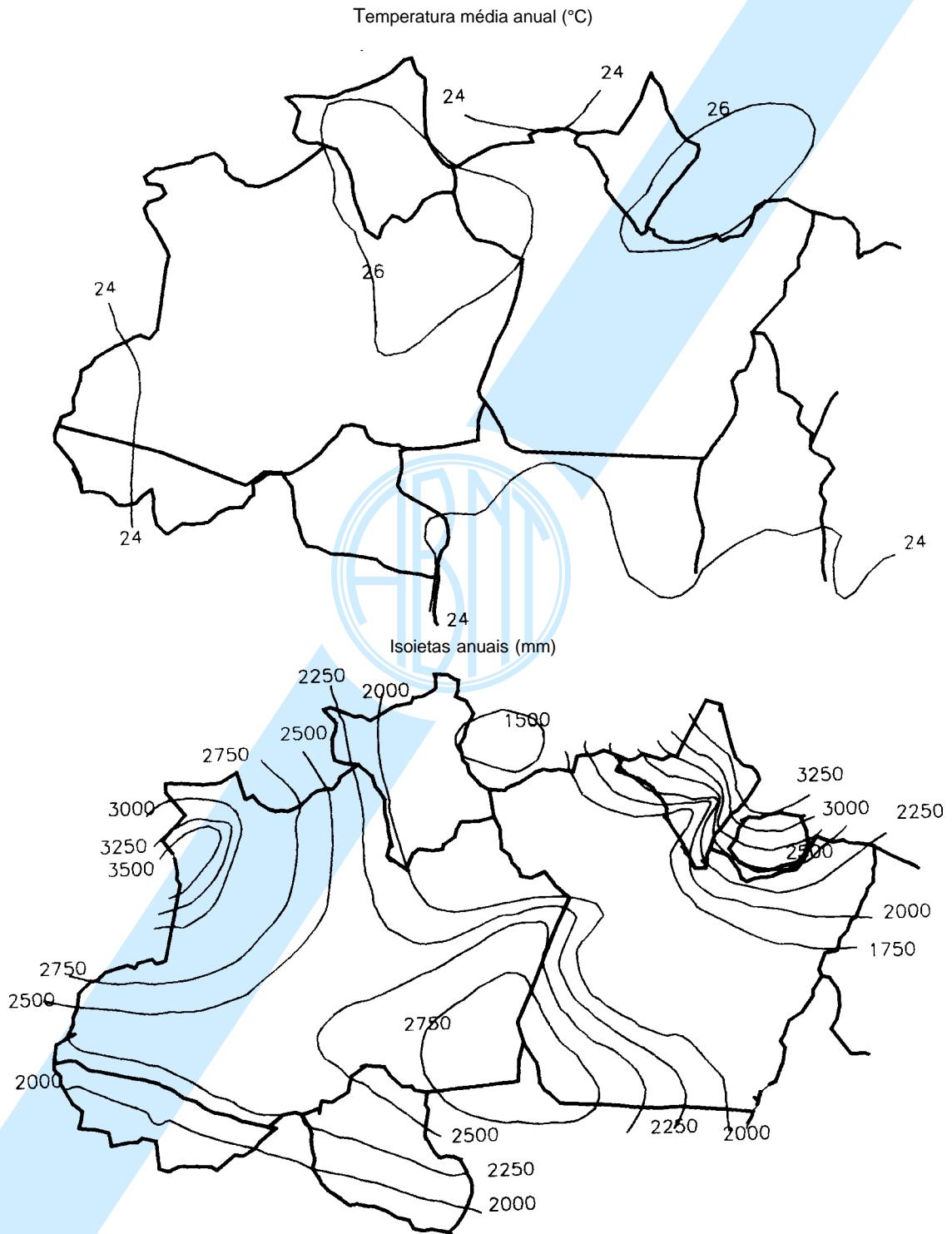
/ANEXO D



**Anexo D (informativo)**  
**Figuras referentes a dados climatológicos**

**D.1** As figuras D.1 a D.9 apresentam as características climáticas do Brasil, referentes ao índice pluviométrico e à temperatura, divididos em regiões, cujos valores representados são médias anuais, para oferecer aos usuários rápida consulta sobre aqueles dados, quando necessário.

**D.2** Porém, para efeito de projeto mais criterioso, torna-se necessária uma pesquisa mais detalhada sobre aqueles dados, para cada local em questão.



**Figura D.1 - Região norte - Temperaturas e precipitações médias**

Temperatura média anual (°C)

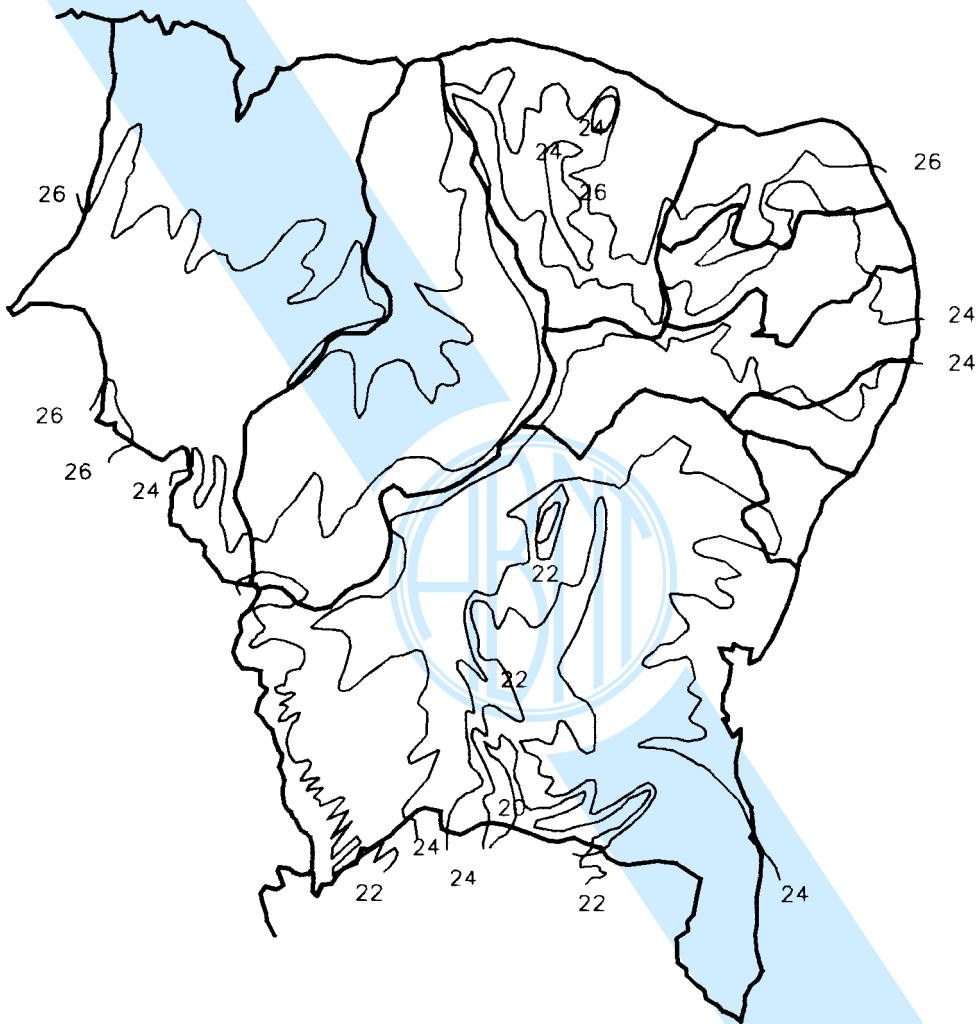


Figura D.2 - Região nordeste - Temperaturas médias

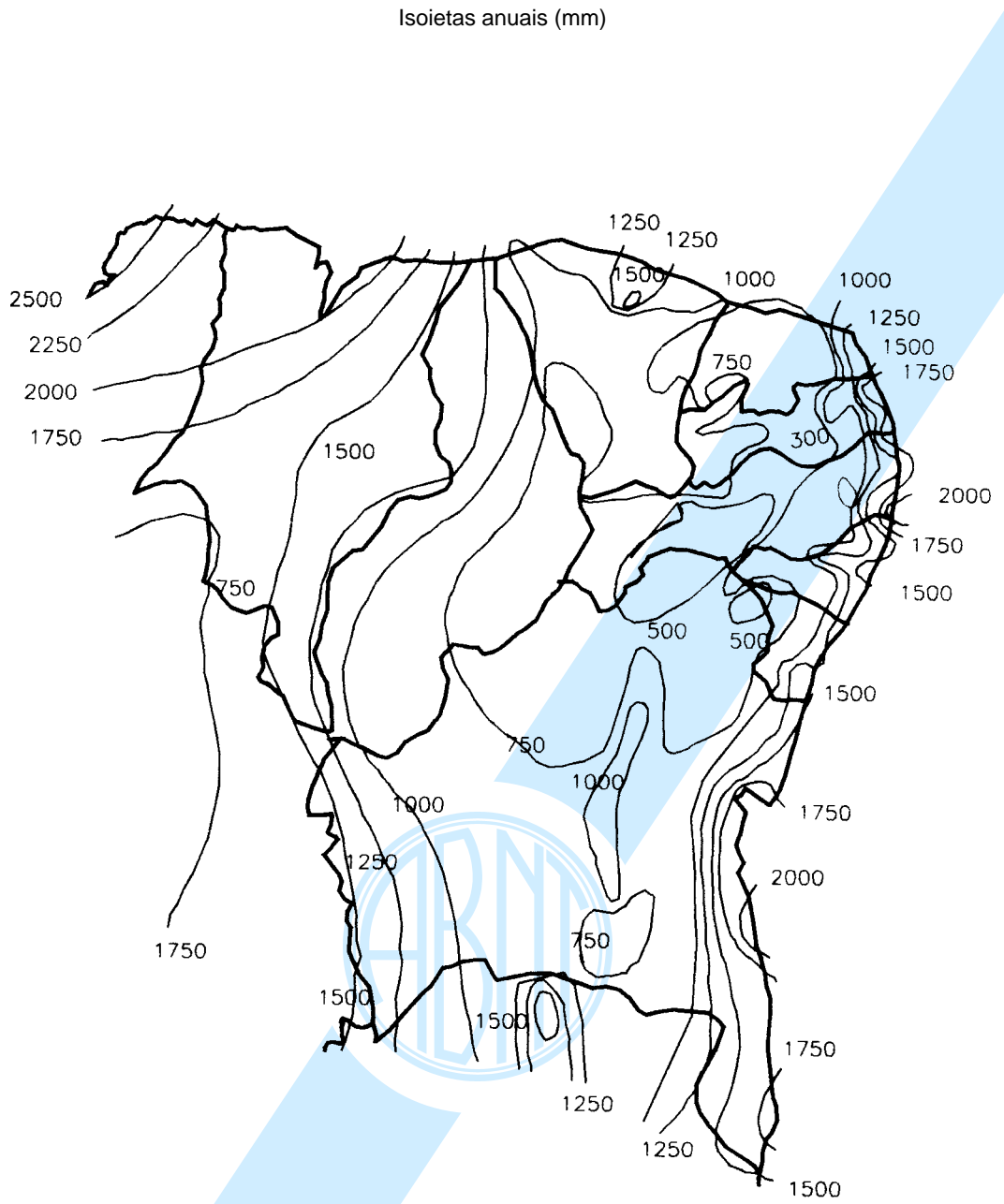


Figura D.3 - Região nordeste - Precipitações médias



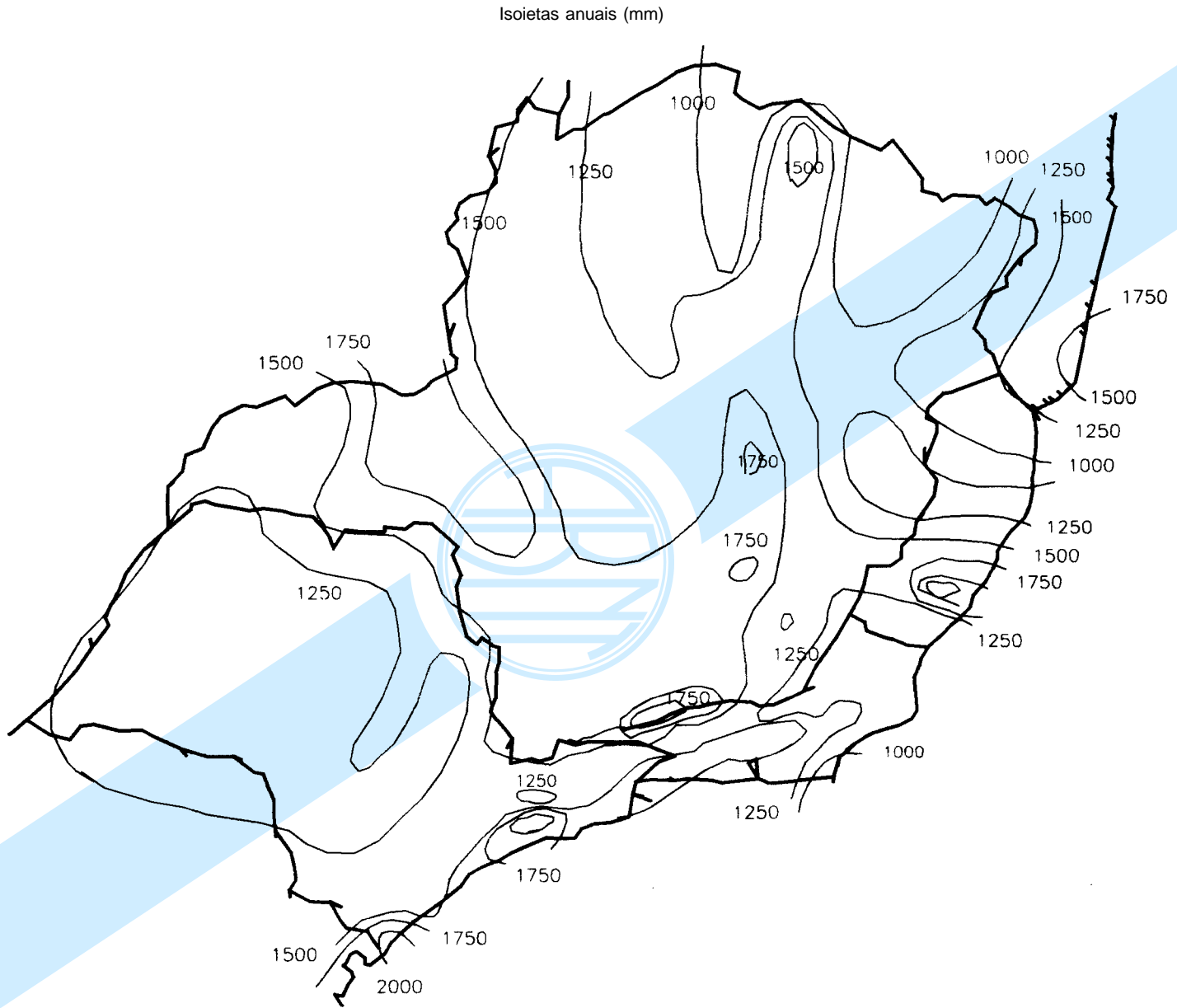


Figura D.4 - Região sudeste - Precipitações médias

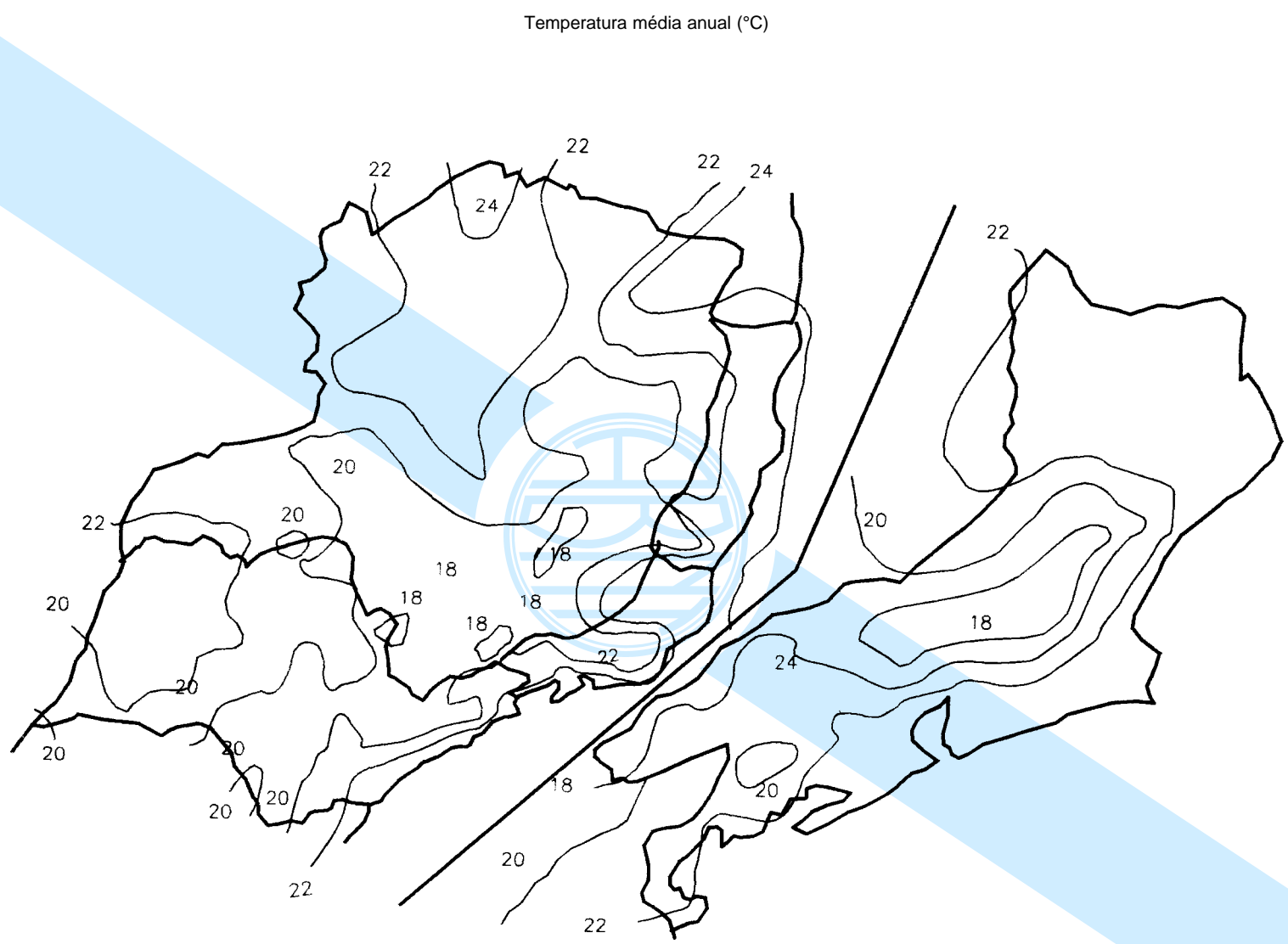


Figura D.5 - Região sudeste - Temperaturas médias

Isoietas anuais (mm)

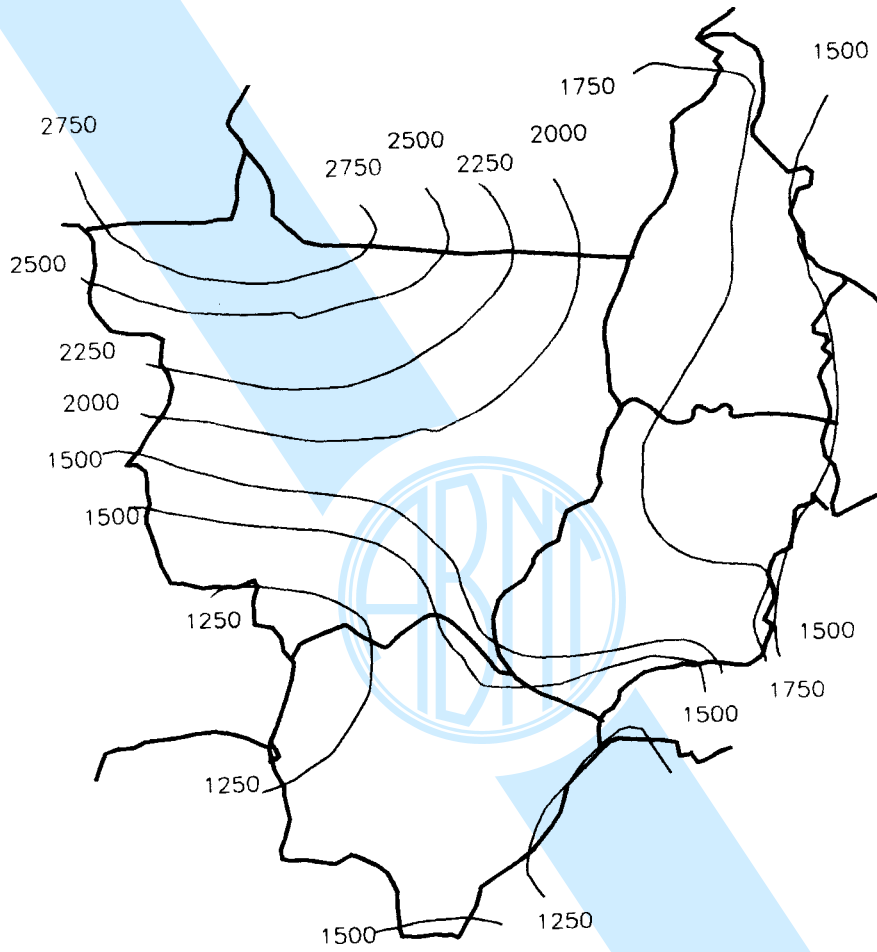


Figura D.6 - Região centro-oeste - Precipitações médias

Temperatura média do ano (°C)

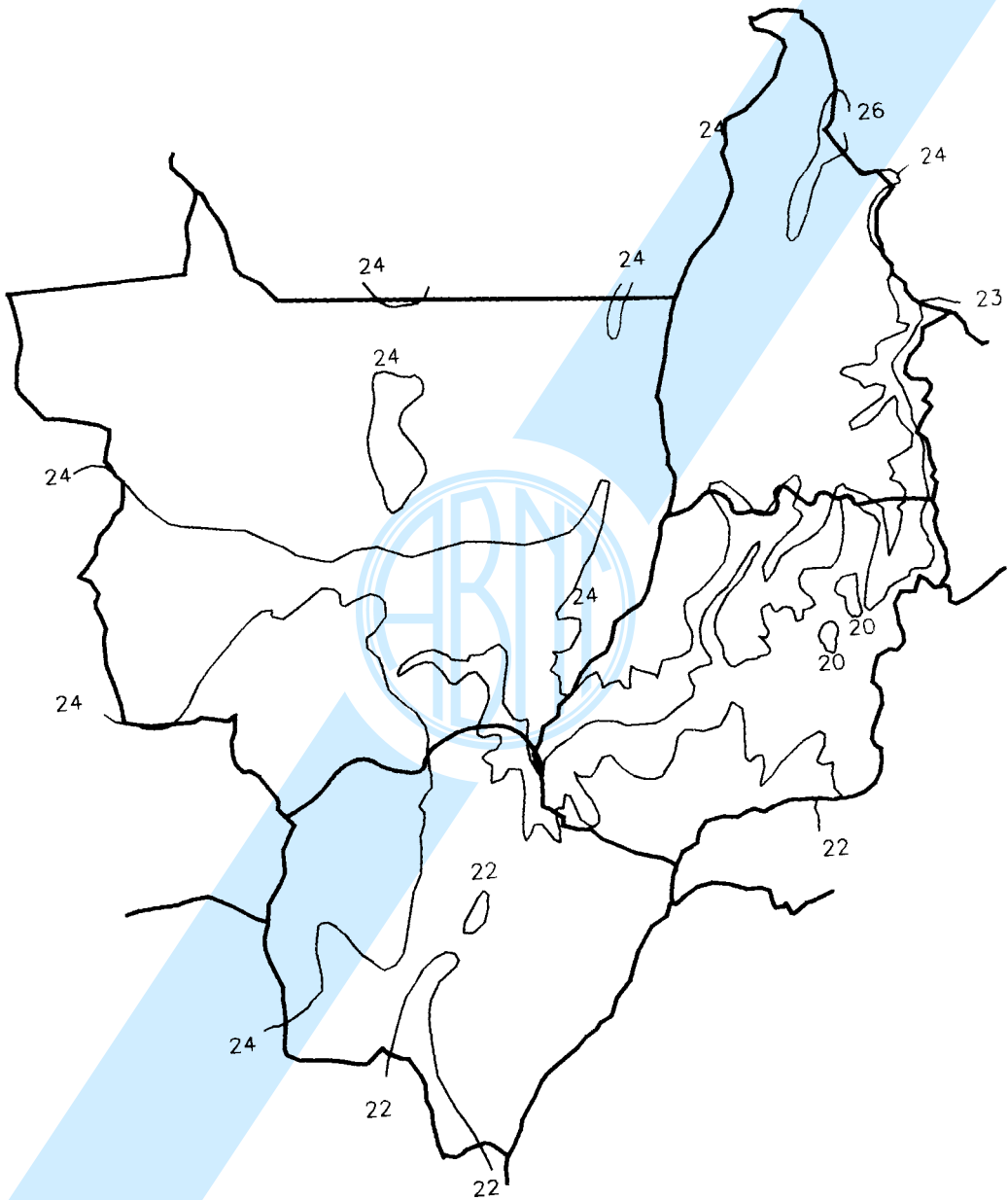


Figura D.7 - Região centro-oeste - Temperaturas médias

Temperatura média anual (°C)

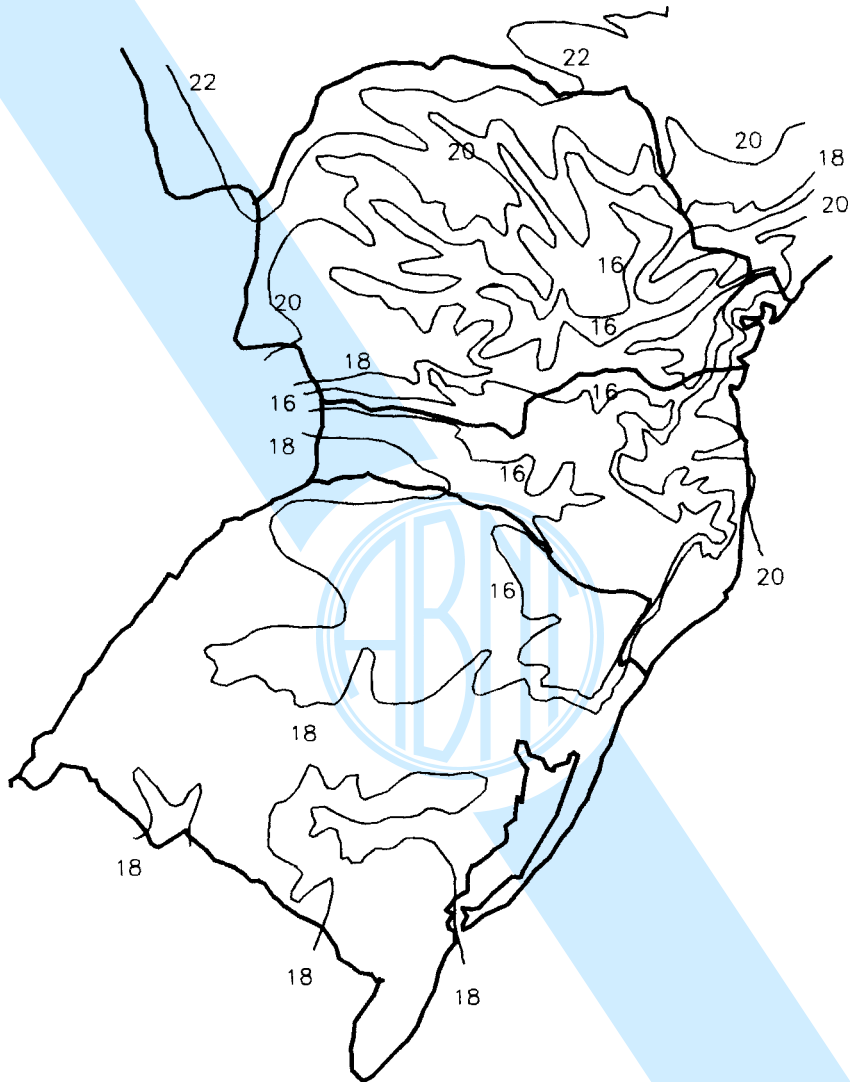


Figura D.8 - Região sul - Temperaturas médias



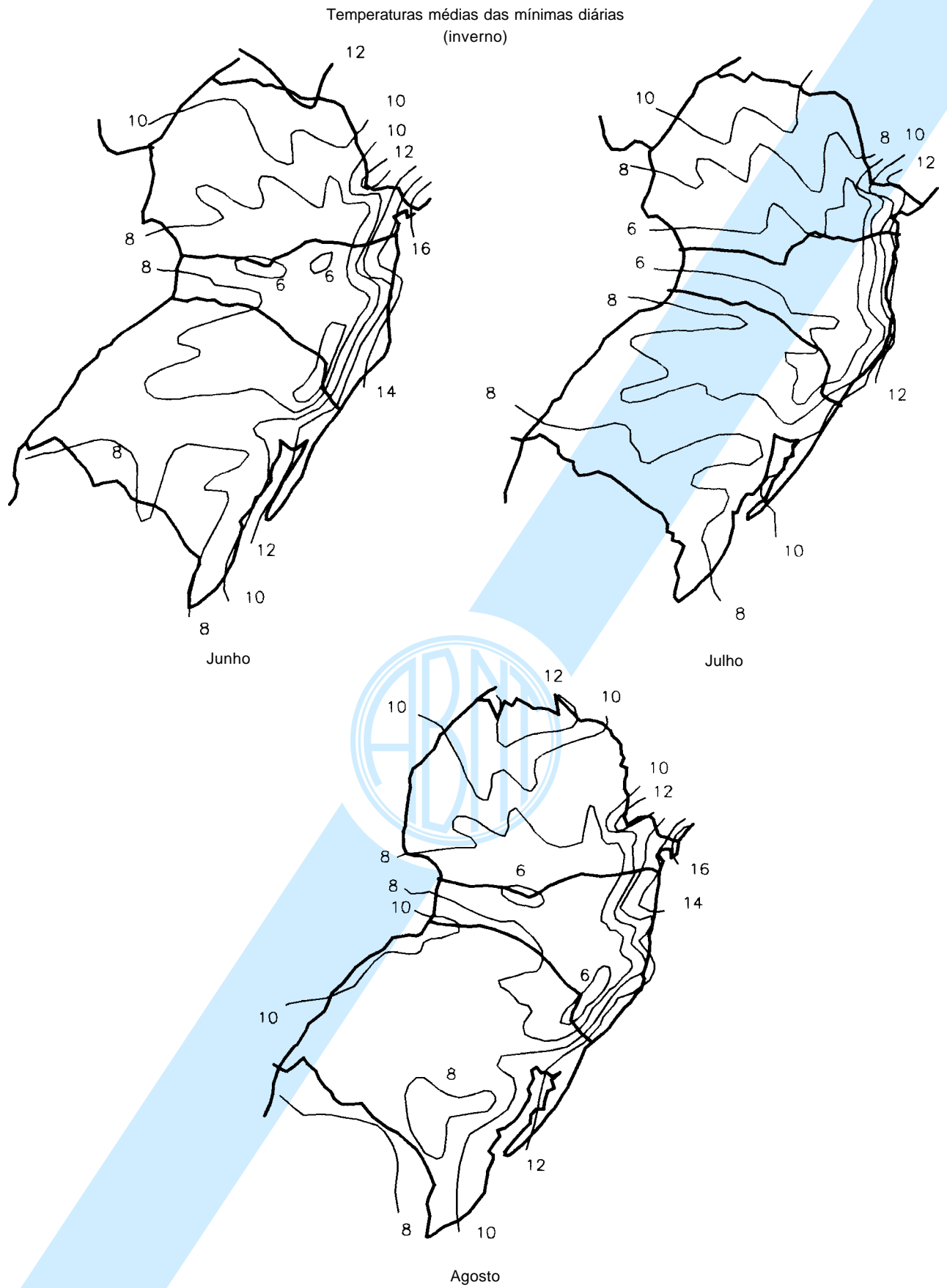


Figura D.9-(a) - Região sul - Temperaturas médias das mínimas diárias

Isoietas anuais (mm)

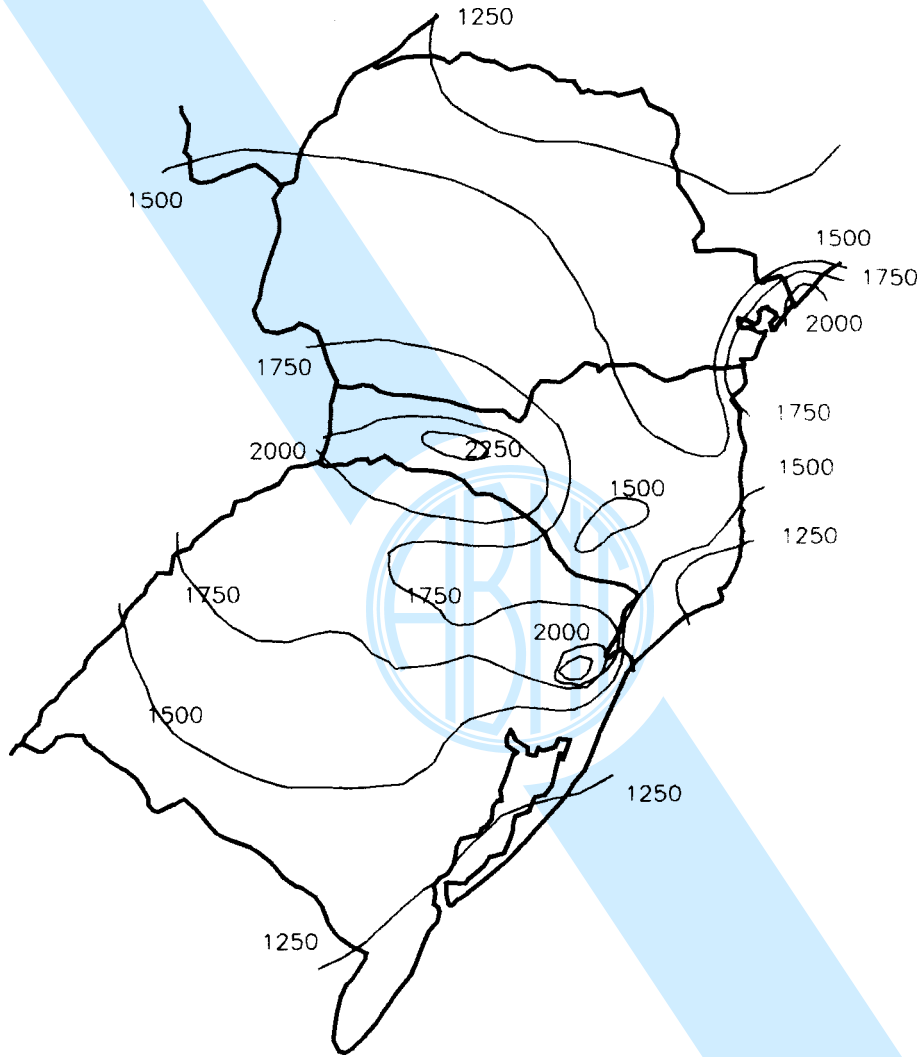


Figura D.9-(b) - Região sul - Precipitações médias

