Cópia não autorizada

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 (021) 210-3122
Fax: (021) 220-1762/220-6436
Endereço Telegráfico:
NORMATÉCNICA

Copyright © 1992,
ABNT–Associação Brasileira de Normas Técnicas
Printed in Brazil/
Impresso no Brasil
Todos os direitos reservados

ABR 1992 | NBR 12209

Projeto de estações de tratamento de esgoto sanitário

Procedimento

Origem: Projeto 02:009.27-005/1989
CB-02 - Comitê Brasileiro de Construção Civil
CE-02:009.27 - Comissão de Estudo de Projetos de Sistemas de Esgoto Sanitário
NBR 12209 - Sewage treatment plants design - Procedure
Reimpressão da NB-570 de MAR 1990

Palavra-chave: Esgoto sanitário | 12 páginas

SUMÁRIO

1 Objetivo
2 Documentos complementares
3 Definições
4 Condições gerais
5 Critérios e disposições
6 Tratamento da fase líquida
7 Tratamento de lodos (fase sólida)

1 Objetivo

1.1 Esta Norma fixa as condições exigíveis para a elaboração de projeto hidráulico-sanitário de estações de tratamento de esgoto sanitário (ETE), observada a regulamentação específica das entidades responsáveis pelo planejamento e desenvolvimento do sistema de esgoto sanitário.

1.2 Esta Norma se aplica aos seguintes processos de tratamento:

a) separação de sólidos por meios físicos;

b) filtração biológica;

c) lodos ativados;

d) tratamento de lodo.

2 Documentos complementares

Na aplicação desta Norma é necessário consultar:

NBR 9648 - Estudo de concepção de sistema de esgoto sanitário - Procedimento

NBR 9649 - Projeto de redes coletoras de esgoto sanitário - Procedimento

NBR 9800 - Critérios para lançamento de efluentes líquidos industriais no sistema coletor público de esgoto sanitário - Procedimento

NBR 12207 - Projeto de interceptores de esgoto sanitário - Procedimento

NBR 12208 - Projeto de estações elevatórias de esgoto sanitário - Procedimento

3 Definições

Para os efeitos desta Norma são adotadas as definições de 3.1 a 3.28.

3.1 Acessório (válvulas, comportas, medidores)

Dispositivo mecânico de regulagem, distribuição, interrupção ou medição do fluxo.

3.2 Altura mínima de água

Altura da lâmina de líquido contido em uma unidade de tratamento, medida a partir da superfície livre até o final do paramento vertical das paredes laterais, quando a unidade opera com sua vazão de dimensionamento.

3.3 Eficiência do tratamento

Redução percentual dos parâmetros de carga poluidora promovida pelo tratamento.

Cópia não autorizada

3.4 Estação de tratamento de esgoto (ETE)

Conjunto de unidades de tratamento, equipamentos, órgãos auxiliares, acessórios e sistemas de utilidades cuja finalidade é a redução das cargas poluidoras do esgoto sanitário e condicionamento da matéria residual resultante do tratamento.

3.5 Fator de carga

Relação entre a massa de demanda bioquímica de oxigênio (DBO_5), fornecida por dia ao processo de lodos ativados e a massa de sólidos em suspensão (SS), contida no tanque de aeração.

3.6 Idade do lodo ou detenção celular

Tempo médio, em dias, de permanência no processo de uma partícula em suspensão; numericamente igual à relação entre a massa de sólidos em suspensão voláteis (SSV) ou SS, contida no tanque de aeração, e a massa de SSV (ou SS), descartada por dia com o excesso de lodo.

3.7 Lodo

Suspensão aquosa de substâncias minerais e orgânicas separadas no processo de tratamento.

3.8 Lodo biológico

Lodo produzido em um processo de tratamento biológico.

3.9 Lodo estabilizado

Lodo não sujeito à putrefação.

3.10 Lodo misto

Mistura de lodo primário e lodo biológico.

3.11 Lodo primário

Lodo resultante da remoção de sólidos em suspensão do esgoto afluente à ETE.

3.12 Lodo seco

Lodo resultante de uma operação de desidratação.

3.13 Operação unitária

Procedimento de que resulta transformação física do esgoto ou da matéria residual resultante do tratamento.

3.14 Órgão auxiliar (canais, caixas, vertedores, tubulações)

Dispositivo fixo no qual flui esgoto sanitário ou lodo.

3.15 Processo unitário

Procedimento de que resulta transformação química ou biológica do esgoto ou da matéria residual resultante do tratamento.

3.16 Processo de tratamento

Conjunto de técnicas aplicadas em uma ETE, compreendendo operações unitárias e processos unitários.

3.17 Relação alimento X microorganismos

Relação entre a massa de DBO_5, fornecida por dia ao processo de lodos ativados e a massa de SSV, contida no tanque de aeração.

3.18 Relação de recirculação

Relação entre a vazão de recirculação e a vazão média afluente à ETE.

3.19 Sistema de utilidade (água potável, combate a incêndio, distribuição de energia, drenagem pluvial)

Instalação permanente que supre necessidade acessória indispensável à operação da ETE.

3.20 Taxa de aplicação hidráulica

Relação entre a vazão afluente a uma unidade de tratamento e a área horizontal sobre a qual é distribuída.

3.21 Taxa de aplicação de sólidos

Relação entre a massa de sólidos em suspensão introduzida numa unidade de tratamento e a área sobre a qual é aplicada, por unidade de tempo.

3.22 Taxa de escoamento superficial

Relação entre a vazão do efluente líquido de uma unidade de tratamento e a área horizontal sobre a qual é distribuída.

3.23 Taxa de utilização de substrato

Relação entre a massa de DBO_5, removida por dia no processo, e a massa de SSV, contida no tanque de aeração.

3.24 Tempo de detenção hidráulica

Relação entre o volume útil de uma unidade de tratamento e a vazão afluente.

3.25 Unidade de tratamento

Qualquer das partes de uma ETE cuja função seja a realização de operação unitária ou processo unitário.

3.26 Vazão máxima afluente à ETE

Vazão final de esgoto sanitário encaminhada à ETE, avaliada conforme critérios da NBR 9649 e NBR 12207.

3.27 Vazão média afluente à ETE

Vazão final de esgoto sanitário encaminhada à ETE, avaliada conforme critérios da NBR 9649 e NBR 12207, desprezada a variabilidade do fluxo (k_1 e k_2).

3.28 Vazão de recirculação

Vazão que retorna de jusante para montante de qualquer unidade de tratamento.

Cópia não autorizada

4 Condições gerais

4.1 Requisitos

4.1.1 Relatório do estudo de concepção do sistema de esgoto sanitário, elaborado conforme a NBR 9648.

4.1.2 População atendida e atendível pela ETE nas diversas etapas do plano.

4.1.3 Vazões e demais características de esgotos domésticos e industrial afluentes à ETE nas diversas etapas do plano.

4.1.4 Características requeridas para o efluente tratado nas diversas etapas do plano.

4.1.5 Corpo receptor e ponto de lançamento definidos na concepção básica.

4.1.6 Área selecionada para construção da ETE com levantamento planialtimétrico em escala de 1:1000.

4.1.7 Sondagens preliminares de reconhecimento do subsolo na área selecionada.

4.1.8 Cota máxima de enchente na área selecionada.

4.1.9 Padrões de lançamento de efluentes industriais na rede coletora. (ver NBR 9800).

4.2 Atividades

A elaboração do projeto hidráulico-sanitário compreende, no mínimo, as seguintes atividades:

a) seleção e interpretação das informações disponíveis para projeto;

b) definição das opções de processo para a fase líquida e para a fase sólida;

c) seleção dos parâmetros de dimensionamento e fixação de seus valores;

d) dimensionamento das unidades de tratamento;

e) elaboração dos arranjos em planta das diversas opções definidas;

f) elaboração de perfil hidráulico preliminar das diversas opções;

g) avaliação de custo das diversas opções;

h) comparação técnico-econômica e escolha da solução;

i) dimensionamento dos órgãos auxiliares e sistemas de utilidades;

j) seleção dos equipamentos e acessórios;

l) locação definitiva das unidades, considerando a circulação de pessoas e veículos e o tratamento arquitetônico-paisagístico;

m) elaboração do perfil hidráulico em função do arranjo definitivo;

n) elaboração de relatório do projeto hidráulico-sanitário, justificando as eventuais divergências em relação ao estudo de concepção.

5 Critérios e disposições

5.1 Para o dimensionamento das unidades de tratamento e órgãos auxiliares, os parâmetros básicos seguintes devem ser obtidos para as diversas etapas do plano:

a) vazões afluentes máxima e média;

b) demanda bioquímica de oxigênio (DBO) ou demanda química de oxigênio (DQO);

c) sólidos em suspensão (SS).

5.2 Os valores dos parâmetros b e c de 5.1 devem ser determinados através de investigação local de validade reconhecida. Na ausência dessa determinação, podem ser usados os valores de 54 g de DBO_5/hab.d e 60 g de SS/hab.d. Outros valores adotados devem ser justificados.

5.3 Os critérios gerais de dimensionamento das unidades e órgãos auxiliares, excetuados os casos explicitados adiante, devem ser os seguintes:

a) dimensionados para a vazão máxima,

- estações elevatórias de esgoto bruto;
- canalizações;
- medidores;
- dispositivos de entrada e saída;

b) dimensionados para a vazão média,

- todas as unidades e canalizações precedidas de tanques de acumulação com descarga em regime de vazão constante.

5.4 Deve ser prevista canalização de desvio (*by-pass*) para isolar a ETE.

5.5 Recomenda-se que as unidades de tratamento da ETE possuam dispositivos que permitam seu isolamento.

5.6 Deve ser previsto pelo menos o dispositivo de medição da vazão afluente à ETE.

5.7 As canalizações devem ser dimensionadas de modo a evitar deposição de sólidos, em função das características do líquido transportado. No caso de canalização de transporte de lodo, a velocidade de escoamento deve estar compreendida entre 0,5 m/s e 1,8 m/s.

5.8 O acesso às unidades deve ser fácil e adequado às condições de segurança e comodidade da operação. Escadas tipo “marinheiro” não devem ser permitidas.

Cópia não autorizada

5.9 Devem ser previstos condições ou dispositivos de segurança de modo a evitar concentração de gases que possam causar explosão, intoxicação ou desconforto.

5.10 O projeto hidráulico-sanitário deve incluir o tratamento e destino final do lodo removido.

5.11 O relatório do projeto hidráulico-sanitário da ETE deve incluir:

a) memorial descritivo e justificativo, contendo informações a respeito do destino a ser dado aos materiais residuais retirados da ETE, explicitando os meios que devem ser adotados para o seu transporte e disposição, projetando-os quando for o caso;

b) memória de cálculo hidráulico;

c) planta de situação da ETE em relação à área de projeto e ao corpo receptor;

d) planta de locação das unidades;

e) fluxograma do processo e arranjo em planta (*lay-out*) com identificação das unidades de tratamento e dos órgãos auxiliares;

f) perfis hidráulicos das fases líquida e sólida nas diversas etapas;

g) plantas, cortes e detalhes;

h) planta de escavações e aterros;

i) especificações de materiais e serviços;

j) especificações de equipamentos e acessórios, indicando os modelos selecionados para elaboração do projeto;

l) orçamento;

m) manual de operação de processo, contendo no mínimo o seguinte:

- descrição simplificada da ETE;
- parâmetros utilizados no projeto;
- fluxograma e arranjo em planta (*lay-out*) da ETE com identificação das unidades e órgãos auxiliares e informações sobre seu funcionamento;
- procedimentos de operação com descrição de cada rotina e sua freqüência;
- identificação dos problemas operacionais mais freqüentes e procedimentos a adotar em cada caso;
- descrição dos procedimentos de segurança do trabalho;
- modelos das fichas de operação a serem preenchidas pelo operador.

6 Tratamento da fase líquida

6.1 Separação de sólidos por meios físicos

6.1.1 Gradeamento

Devem ser observados os preceitos estipulados na NBR 12208, incluídos os relativos a canais afluentes.

6.1.2 Desarenação

6.1.2.1 O desarenador deve ser projetado para remoção mínima de 95% em massa das partículas com diâmetro igual ou superior a 0,2 mm (densidade de 2,65).

6.1.2.2 A vazão de dimensionamento do desarenador deve ser a vazão máxima afluente à ETE.

6.1.2.3 O desarenador deve ter limpeza mecanizada quando a vazão de dimensionamento é igual ou superior a 250 L/s.

6.1.2.4 Devem ser previstas pelo menos duas unidades instaladas, sendo neste caso uma delas reserva, a qual pode ser unidade não mecanizada.

6.1.2.5 No caso de desarenador por gravidade, a taxa de escoamento superficial deve estar compreendida entre 600 a 1.300 $m^3/m^2.d$.

6.1.2.6 No caso de desarenador tipo canal deve ser observado o seguinte:

a) a seção transversal deve ser tal que a velocidade de escoamento para a vazão média seja igual a 0,30 m/s, não sendo superior a 0,40 m/s para a vazão máxima;

b) no fundo e ao longo do canal, deve ser previsto espaço para a acumulação do material sedimentado, com seção transversal mínima de 0,20 m de profundidade por 0,20 m de largura; no caso de limpeza manual, a largura mínima deve ser de 0,30 m.

6.1.2.7 No caso de desarenador aerado deve ser observado o seguinte:

a) a seção transversal deve ser tal que a velocidade de escoamento longitudinal seja inferior a 0,25 m/s para a vazão máxima;

b) a quantidade de ar injetada deve ser regulável;

c) o tempo de detenção hidráulica para a vazão máxima deve ser igual ou superior a 120 s.

6.1.3 Decantação primária

6.1.3.1 A vazão de dimensionamento de decantador primário deve ser a vazão máxima afluente à ETE, exceto no caso da alínea c) de 6.2.6.

6.1.3.2 A taxa de escoamento superficial deve ser igual ou inferior a:

a) 60 $m^3/m^2.d$ quando não precede processo biológico;

Cópia não autorizada

b) 80 m^3/m^2.d quando precede processo de filtração biológica;

c) 120 m^3/m^2.d quando precede processo de lodos ativados.

6.1.3.3 ETE com vazão de dimensionamento superior a 250 L/s deve ter mais de um decantador primário.

6.1.3.4 O tempo de detenção hidráulica para a vazão média deve ser inferior a 6 h e, para a vazão máxima, superior a 1 h.

6.1.3.5 A taxa de escoamento através do vertedor de saída não deve exceder a 720 m^3/d.m de vertedor.

6.1.3.6 A tubulação de remoção de lodo deve ter diâmetro mínimo de 150 mm; a tubulação de transporte de lodo por gravidade deve ter declividade mínima de 3%; a remoção de lodo do fundo deve ser feita de modo a permitir a observação e controle do lodo removido.

6.1.3.7 O poço de acumulação de lodo no fundo do decantador deve ter paredes com inclinação igual ou superior a 1,5 na vertical para 1,0 na horizontal, terminando em base inferior com dimensão horizontal mínima de 0,60 m.

6.1.3.8 No caso de decantador primário, com remoção mecanizada de lodo, deve ser observado o seguinte:

a) o dispositivo de remoção deve ter velocidade igual ou inferior a 20 mm/s no caso de decantador retangular, e velocidade periférica igual ou inferior a 40 mm/s no caso de decantador circular;

b) a altura mínima de água deve ser igual ou superior a 2,0 m;

c) define-se o volume útil como o produto da área de decantação pela altura mínima de água;

d) para decantador retangular a relação comprimento/altura mínima de água deve ser igual ou superior a 4:1; a relação largura/altura mínima de água deve ser igual ou superior a 2:1; a relação comprimento/largura deve ser igual ou superior a 2:1;

e) para decantador retangular, a velocidade de escoamento horizontal deve ser igual ou inferior a 50 mm/s; quando recebe excesso de lodo ativado, a velocidade deve ser igual ou inferior a 20 mm/s.

6.1.3.9 No caso de decantador primário, sem remoção mecanizada de lodo, deve ser observado o seguinte:

a) a altura mínima de água deve ser igual ou superior a 0,50 m;

b) o decantador pode ser circular ou quadrado em planta, com poço de lado único cônico ou piramidal de base quadrada, descarga de lodo por gravidade, inclinação de paredes igual ou superior a 1,5 na vertical por 1,0 na horizontal e diâmetro ou diagonal não superior a 7,0 m;

c) o decantador pode ser retangular em planta com alimentação pelo lado menor, desde que a parte inferior seja totalmente constituída de poços tronco-piramidais de bases quadradas e lado não superior a 5,0 m, com descargas individuais;

d) no caso da alínea b), define-se o volume útil como sendo o volume de líquido contido no terço superior da altura do poço, até o nível de água; no caso da alínea c), define-se o volume útil como sendo o produto da área de decantação pela altura mínima de água;

e) carga hidrostática mínima para a remoção do lodo igual a cinco vezes a perda de carga hidráulica calculada para água e não inferior a 1,0 m.

6.1.3.10 Recomenda-se a instalação de dispositivo para a medição da vazão do lodo removido do decantador primário.

6.1.3.11 O projeto hidráulico-sanitário deve incluir o seguinte:

a) o volume, a massa de sólidos em suspensão e o teor de sólidos do lodo removido;

b) as características relativas à estabilidade do lodo removido;

c) o dispositivo utilizado na remoção do lodo.

Para efeitos práticos, consideram-se equivalentes, nesta Norma, os teores de sólidos totais e de sólidos em suspensão no lodo.

6.2 Filtração biológica

6.2.1 A vazão de dimensionamento do filtro biológico deve ser a vazão média afluente à ETE.

6.2.2 A filtração biológica deve ser precedida de remoção de sólidos grosseiros e areia e de decantação primária ou outra unidade de remoção de sólidos em suspensão.

6.2.3 O filtro biológico deve dispor de um meio suporte da biomassa, constituído de pedra britada, seixo rolado ou outros materiais.

6.2.3.1 No caso de utilização de pedra britada, esta deve ser brita 4, não sendo permitidas pedras chatas ou com faces planas.

6.2.4 A aplicação do esgoto em filtro biológico circular deve ser uniforme sobre a superfície do meio suporte através de distribuidor rotativo; quando acionado pela reação dos jatos, o distribuidor deve ser projetado para partir

Cópia não autorizada

com carga hidrostática e até 0,60 m e deve permanecer em movimento com carga mínima de 0,20 m.

6.2.5 Filtro biológico que utiliza pedra britada ou seixo rolado deve ter altura do meio suporte inferior a 6,0 m e obedecer às seguintes limitações:

a) baixa capacidade: carga orgânica igual ou inferior a 0,3 kg DBO_5/d.m^3 do meio suporte; taxa de aplicação hidráulica compreendida entre 0,8 e 5,0 m^3/d.m^2 da superfície livre do meio suporte;

b) alta capacidade: carga orgânica igual ou inferior a 1,8 kg DBO_5/d.m^3 do meio suporte; taxa de aplicação hidráulica compreendida entre 10,0 e 60,0 m^3/d.m^2 da superfície livre do meio suporte;

c) no cálculo da taxa de aplicação hidráulica a vazão de dimensionamento deve ser acrescida da vazão de recirculação.

6.2.5.1 Quando são utilizados outros materiais, os parâmetros e critérios para dimensionamento devem ser justificados.

6.2.6 Pode ser admitida a recirculação nos seguintes casos:

a) do efluente do filtro biológico para a sua própria entrada;

b) do efluente do decantador final para a entrada do filtro biológico e, neste caso, o decantador final deve ser dimensionado para a vazão média acrescida da vazão de recirculação;

c) do efluente do filtro biológico para a entrada do decantador primário e, neste caso, o decantador primário deve ser dimensionado para vazão máxima acrescida da vazão de recirculação;

d) em qualquer dos casos a relação de recirculação deve ser igual ou inferior a 5.

6.2.7 Podem ser utilizados filtros biológicos em série, desde que seja justificado.

6.2.8 Deve ser evitado o emprego de filtro biológico coberto, devendo ser justificada a sua utilização.

6.2.9 Para garantir a circulação de ar, através do meio suporte do filtro biológico, é necessário:

a) que as aberturas para drenagem do efluente do filtro tenham área total igual ou superior a 15% da área horizontal do fundo do filtro;

b) que as extremidades dos drenos que se comunicam com a atmosfera tenham área total igual ou superior a 1% da área horizontal do fundo do filtro.

6.2.10 O filtro biológico coberto deve ter dispositivo de ventilação que garanta o movimento vertical de ar com velocidade mínima de 0,30 m/min.

6.2.11 Na drenagem do líquido percolado, através do meio suporte, deve ser observado o seguinte:

a) a área do fundo do filtro deve ser inteiramente drenada;

b) a declividade mínima dos drenos deve ser 1%, e a velocidade mínima nas canaletas efluentes deve ser de 0,60 m/s;

c) os drenos e as canaletas efluentes devem ser dimensionados com seção molhada igual ou inferior a 50% da seção transversal, para a vazão máxima acrescida da vazão de recirculação.

6.2.12 Deve ser previsto o controle do crescimento de moscas, preferivelmente por inundação do filtro biológico.

6.2.13 A filtração biológica requer o emprego de decantação final.

6.2.14 A vazão de dimensionamento do decantador final deve ser a vazão média exceto para o caso de 6.2.6, alínea b).

6.2.15 No decantador final a taxa de escoamento superficial deve ser igual ou inferior a 36 m^3/m^2.d.

6.2.16 A taxa de escoamento, através do vertedor de saída do decantador final, deve ser igual ou inferior a 380 m^3/d.m de vertedor.

6.2.17 A tubulação de remoção do lodo do decantador final deve ter diâmetro mínimo de 150 mm; a tubulação de transporte de lodo por gravidade deve ter declividade mínima de 2%; a remoção de lodo do fundo do decantador final deve ser feita de modo a permitir a observação e controle do lodo removido.

6.2.18 As paredes do decantador final com poço de lodo devem ter inclinação igual ou superior a 1,5 na vertical para 1,0 na horizontal, terminando em base inferior com dimensão horizontal mínima de 0,60m.

6.2.19 No caso de decantador final, com remoção mecanizada de lodo, aplica-se o disposto em 6.1.3.8, exceto alínea e), e mais o seguinte:

- para decantador final retangular, a velocidade de escoamento horizontal deve ser igual ou inferior a 20 mm/s.

6.2.20 No caso de decantador final, sem remoção mecanizada de lodo, aplica-se o disposto em 6.1.3.9.

6.2.21 Recomenda-se a instalação de dispositivos para a medição das vazões de recirculação e do excesso de lodo removido do processo.

6.2.22 Na filtração biológica aplica-se o disposto em 6.1.3.11.

Cópia não autorizada

6.3 Lodos ativados

6.3.1 As prescrições desta seção abrangem o tanque de aeração, o decantador final, a recirculação de lodo e seus órgãos auxiliares e aplicam-se ao valor de oxidação.

6.3.2 O tratamento por processo de lodos ativados deve ser precedido pela remoção de sólidos grosseiros e areia, podendo ser precedido pela remoção de sólidos sedimentáveis.

6.3.3 A vazão de dimensionamento para o processo de lodos ativados deve ser a vazão média afluente à ETE, não se incluindo a vazão de recirculação de lodo ativado.

6.3.4 ETE com vazão afluente máxima superior a 250 L/s deve ter mais de um tanque de aeração.

6.3.5 O tempo de detenção hidráulica não deve ser utilizado como parâmetro de dimensionamento do tanque de aeração.

6.3.6 O dimensionamento do tanque de aeração deve ser efetuado por um dos parâmetros seguintes:

a) idade do lodo;

b) relação alimento X microorganismos;

c) taxa de utilização de substrato;

d) fator de carga.

6.3.7 Os valores dos parâmetros de dimensionamento do tanque de aeração devem estar compreendidos nos intervalos:

a) idade do lodo - dois dias a 40 dias;

b) relação alimento X microrganismos - 0,07 a 1,1 kg DBO_5/kg SSVTA.d;

c) taxa de utilização de substrato - 0,06 a 1,0 kg DBO_5/kg SSVTA.d;

d) fator de carga - 0,05 a 0,90 kg DBO_5/kg SSTA.d.

Nota: SSVTA - sólidos em suspensão voláteis no tanque de aeração; SSTA - sólidos em suspensão no tanque de aeração.

6.3.8 A concentração de sólidos em suspensão no interior do tanque de aeração deve estar compreendida no intervalo de 1500 a 6000 mg/L.

6.3.9 O tempo de detenção hidráulica no tanque de aeração, referido à vazão de dimensionamento, deve ser igual ou superior a:

a) 60 min quando a idade do lodo é inferior a 18 dias, ou a taxa de utilização de substrato é superior a 0,15 kg DBO_5/kg SSVTA.d;

b) 15 h quando a idade do lodo é igual ou superior a 18 dias, ou a taxa de utilização de substrato é igual ou inferior a 0,15 kg DBO_5/SSVTA.d.

6.3.10 A massa de oxigênio a ser fornecida ao tanque de aeração deve ser igual ou superior a:

a) uma vez e meia a carga de DBO_5 aplicada ao tanque de aeração quando a idade do lodo é inferior a 18 dias, ou a taxa de utilização de substrato é superior a 0,15 kg DBO_5/kg SSVTA.d;

b) duas vezes e meia a carga de DBO_5 aplicada ao tanque de aeração quando a idade do lodo é igual, ou superior a 18 dias ou a taxa de utilização de substrato é igual ou inferior a 0,15 kg DBO_5/kg SSVTA.d;

c) três vezes a carga de DBO_5 aplicada ao tanque de aeração quando é necessária a nitrificação do efluente e não se processa a desnitrificação biológica.

6.3.11 A concentração de oxigênio dissolvido no tanque de aeração (Cl), a ser considerada no dimensionamento do equipamento de aeração, deve ser:

a) 1,5 mg/L quando a idade do lodo é igual ou superior a 18 dias, ou a taxa de utilização de substrato é igual ou inferior a 0,15 kg DBO_5/kg SSVTA.d ou quando é necessária a nitrificação do efluente e não se processa a desnitrificação biológica;

b) 2,0 mg/L quando a idade do lodo é inferior a 18 dias ou a taxa de utilização de susbtrato é superior a 0,15 kg DBO_5/kg SSVTA.d.

6.3.12 A geometria do tanque de aeração deve ser estabelecida em função do tipo, potência e capacidade de homogeneização do equipamento de aeração escolhido.

6.3.13 Para o dimensionamento do equipamento de aeração superficial, a eficiência nominal de transferência de oxigênio para água limpa a 20°C, isenta de oxigênio dissolvido e ao nível do mar, deve ser obtida em ensaio com o equipamento a ser empregado. Na impossibilidade de realizar tal ensaio, podem ser usados os seguintes valores:

a) equipamento dotado de redutor de velocidade $\leq$ 2,2 kg O_2/kWh;

b) equipamento de alta rotação $\leq$ 1,8 kg O_2/kWh.

6.3.14 A eficiência efetiva (Ce) de transferência de oxigênio do equipamento de aeração superficial deve ser obtida corrigindo-se a eficiência nominal (Cn) com o fator λ:

$$Ce = Cn \cdot \lambda \ (kg\ O_2/kWh)$$

sendo

$$\lambda = \alpha \cdot (C_{sw} - Cl) \cdot 9{,}17^{-1} \cdot 1{,}02^{(T-20)}$$

Onde:

α = relação entre a taxa de transferência de oxigênio ao esgoto e a taxa de transferência de oxigênio à água limpa, variando de 0,8 a 0,9

Cópia não autorizada

C_{sw} = concentração de saturação de oxigênio no esgoto (mg/L):
sendo $C_{sw} = \beta . C_s . P$

β = relação entre a concentração de saturação de oxigênio no esgoto e a concentração de saturação de oxigênio na água limpa, variando de 0,9 a 1,0

C_s = concentração de saturação de oxigênio dissolvido na água limpa na temperatura do esgoto (mg/L)

P = relação entre a pressão barométrica no local de instalação e a pressão barométrica ao nível do mar

Cl = concentração de oxigênio a ser mantida no líquido do tanque de aeração (mg/L)

T = temperatura do esgoto em °C

Nota: O fator de correção deve ser calculado para as condições de operação de verão e de inverno e adotado o de menor valor.

6.3.15 Para equipamento de aeração superficial, montado sobre suportes fixos, o tanque de aeração deve ter dispositivo que permita a variação do nível de água para controle de concentração de oxigênio dissolvido.

6.3.16 O número mínimo de aeradores superficiais, no tanque de aeração, deve ser:

a) dois para vazões médias entre 20 L/s e 100 L/s;

b) três para vazões médias superiores a 100 L/s.

6.3.17 A densidade de potência no tanque de aeração, dotado de equipamento de aeração superficial, deve ser igual ou superior a 10 W/m³. Valores menores devem ser justificados.

6.3.18 Para dimensionamento do equipamento de aeração por ar difuso, a eficiência nominal (E) de transferência de oxigênio deve ser a obtida para água limpa a 20°C isenta de oxigênio dissolvido e ao nível do mar.

6.3.19 A eficiência efetiva (Ef) de transferência de oxigênio do equipamento de aeração por ar difuso deve ser obtida, corrigindo-se a eficiência nominal com o fator λ, definido em 6.3.14, considerando-se a variação de α entre 0,6 a 0,9.

6.3.20 A aeração por ar difuso pode ser:

a) de bolha grossa, com diâmetro superior a 6 mm; a eficiência nominal de transferência de oxigênio na máxima profundidade do tanque de aeração deve ser inferior a 15%;

b) de bolha média, com diâmetro de 3 mm a 6 mm; a eficiência nominal de transferência de oxigênio na máxima profundidade do tanque de aeração deve ser inferior a 25%;

c) de bolha fina, com diâmetro inferior a 3 mm; a eficiência nominal de transferência de oxigênio na máxima profundidade do tanque de aeração deve ser inferior a 55%.

6.3.21 Na aeração, por ar difuso, a vazão de ar a ser fornecida ao tanque de aeração deve ser calculada pela expressão:

$$Q = N (334{,}08 . Ef . \rho)^{-1}$$

Onde:

Q = vazão de ar à temperatura de 20°C e ao nível do mar (m³/min)

N = massa de oxigênio requerida (kg O_2/d)

Ef = eficiência efetiva de transferência de oxigênio

ρ = massa específica do ar a 20°C e ao nível do mar (kg/m³)

6.3.21.1 O dimensionamento do equipamento de fornecimento de ar para aeração por ar difuso deve ser feito atendendo às condições de pressão barométrica e temperatura do ar no local da instalação.

6.3.22 A seleção dos tubos para alimentação e distribuição de ar para aeração por ar difuso deve considerar o seguinte:

a) o material empregado deve ser especificado para as condições de temperatura, umidade e pressão piezométrica do ar transportado;

b) nos casos de emprego de bolhas média e fina, os tubos devem ser protegidos contra corrosão interna e externamente;

c) no caso de emprego de bolha grossa podem ser aceitos tubos apenas com proteção externa contra corrosão.

6.3.23 Na aeração por ar difuso, no caso de emprego de bolha fina, o ar deve ser filtrado e conter no máximo 3,5 mg de material particulado por 1000 m³ de ar. No caso de emprego de bolha média, essa relação pode ser de 15 mg/1000 m³ no máximo.

6.3.24 O excesso de lodo, removido do processo de lodos ativados, deve ser considerado estável para fins de desidratação e encaminhamento ao destino final, quando a idade do lodo é igual ou superior a 18 dias, ou quando a taxa de utilização de substrato é igual ou inferior a 0,15 kg DBO_5/kg SSVTA.d. Recomenda-se a instalação de dispositivo para medição da vazão do excesso de lodo removido do processo.

6.3.25 No processo de lodos ativados, aplica-se o disposto em 6.1.3.11.

6.3.26 No processo de lodos ativados, que emprega o valor de oxidação, os seguintes parâmetros e condições devem ser aplicados:

a) quando não for empregado decantador final, deve ser previsto meio capaz de manter a concentração de SSTA em um mínimo de 2500 mg/L;

b) idade do lodo: 18 dias a 40 dias;

c) relação alimento X microorganismos: 0,07 a 0,15 kg DBO_5/kg SSVTA.d;

d) fator de carga: 0,05 a 0,10 kg DBOρ/kg SSVTA.d;

e) o equipamento de aeração, além de sua capacidade de transferência de oxigênio, deve manter a massa líquida em movimento com velocidade de translação capaz de impedir a sedimentação de lodo no fundo do valo;

f) o valor de oxidação deve ter o fundo e paredes impermeáveis até 0,30 m, acima do nível máximo de operação.

6.3.27 O valor mínimo da relação de recirculação de lodo ativado deve ser:

a) 0,25 quando a concentração de SSTA é menor que 3000 mg/L;

b) 0,50 quando a concentração de SSTA está compreendida no intervalo de 3000 mg/L (inclusive) a 4500 mg/L;

c) 1,00 quando a concentração de SSTA é igual ou superior a 4500 mg/L.

Nota: Deve ser previsto dispositivo de medição da vazão de recirculação de lodo ativado

6.3.28 O decantador final deve ser dimensionado para taxa de escoamento superficial igual ou inferior a:

a) 36 $m^3/m^2.d$ quando a concentração de SSTA é menor que 3000 mg/L;

b) 24 $m^3/m^2.d$ quando a concentração de SSTA está compreendida no intervalo de 3000 mg/L (inclusive) a 4500 mg/L;

c) 16 $m^3/m^2.d$ quando a concentração de SSTA é igual ou superior a 4500 mg/L.

6.3.29 No decantador final, a taxa de aplicação de sólidos, obtida pela expressão abaixo, deve ser igual ou inferior a 144 $kg/m^2.d$:

$$Ts = (Q + Qr)^{A-1} . X$$

Onde:

Q = vazão média (m^3/d)

Qr = vazão de recirculação de lodo ativado (m^3/d)

X = concentração SSTA (kg/m^3)

A = área de decantação (m^2)

6.3.30 No decantador final, o tempo de detenção hidráulica, relativo à vazão média, deve ser igual ou superior a 1,5 h.

6.3.31 No caso de decantador final, com remoção mecanizada de lodo, aplica-se o disposto em 6.1.3.8, exceto alínea e), e mais o seguinte:

a) para decantador final retangular a velocidade de escoamento horizontal deve ser igual ou inferior a 20 mm/s;

b) decantador final circular, com remoção de lodo por raspagem, deve ter o fundo com inclinação mínima para o centro na razão de 1 na vertical por 12 na horizontal;

c) decantador final retangular, com remoção de lodo por sucção ao longo do tanque, deve ter o fundo horizontal.

6.3.32 No caso de decantador final, sem remoção mecanizada de lodo, aplica-se o disposto em 6.1.3.9, exceto alínea e, e mais o seguinte:

a) carga hidrostática mínima para a remoção de lodo, igual a duas vezes a perda de carga hidráulica para água e não inferior a 0,50 m;

b) tubulação de descarga de lodo com diâmetro mínimo de 150 mm.

6.3.33 A remoção de lodo do fundo do decantador final, por pressão hidrostática ou sucção, deve ser feita de modo a permitir a observação e controle do lodo removido.

6.3.34 A taxa de escoamento, através do vertedor de saída do decantador final, deve ser igual ou inferior a 290 $m^3/d.m$ de vertedor.

7 Tratamento de lodos (fase sólida)

7.1 Estação elevatória de lodo

7.1.1 As tubulações de recalque de lodo devem ter diâmetro mínimo de 150 mm e dispositivo que permita sua desobstrução.

7.1.2 A perda de carga total, a ser considerada nas tubulações de recalque de lodos primário e misto, estabilizados ou não, deve ser determinada, levando em consideração as características do lodo recalcado.

7.1.3 No recalque de lodos primário e misto, estabilizados ou não, é vedado o uso de válvula de gaveta.

7.1.4 A capacidade da elevatória de recirculação de lodo ativado deve ser, no mínimo, 50% superior à vazão de recirculação adotada no projeto.

Cópia não autorizada

7.2 Adensamento por gravidade

7.2.1 A taxa de aplicação de sólidos e o teor de sólidos em suspensão no lodo adensado, utilizados no dimensionamento do adensador, dependem do tipo do lodo, podendo ser adotados os valores indicados na Tabela.

7.2.2 A profundidade mínima da unidade de adensamento deve ser de 3,0 m, e o tempo de detenção hidráulica máximo deve ser de 24 h. O lodo afluente deve ser diluido, no caso de incompatibilidade desses valores, com a taxa de aplicação de sólidos adotada.

7.2.3 O dimensionamento da unidade de adensamento deve prever no lodo efluente uma recuperação máxima de 90% dos sólidos em suspensão do lodo afluente.

7.2.4 O efluente líquido (sobrenadante) da unidade de adensamento deve ser retornado à entrada da ETE, em cujo dimensionamento devem ser considerados o acréscimo dos sólidos em suspensão não recuperados e a carga orgânica correspondente.

7.2.5 Unidade de adensamento, cuja menor dimensão em planta é superior a 3,0 m, deve ser projetada com remoção mecanizada de lodo.

7.2.6 No projeto da unidade de adensamento deve ser observado o disposto em 6.1.3.6 e 6.1.3.7.

7.3 Adensamento por flotação ou centrifugação

7.3.1 O adensamento de lodo pode também ser processado através de flotação a ar dissolvido ou centrifugação, com ou sem aplicação de polímeros.

7.3.2 No caso de flotação a ar dissolvido, os parâmetros de dimensionamento são os seguintes:

a) taxa de aplicação de sólidos;

b) taxa de escoamento superficial;

c) relação ar/sólidos.

Nota: Os valores adotados devem ser justificados.

7.3.3 Em qualquer caso, aplica-se o disposto em 7.2.4.

7.4 Digestão aeróbia

7.4.1 A digestão aeróbia deve ser processada em tanques abertos com profundidade de 2,50 m a 10,00 m.

7.4.2 Quando o digestor aeróbio recebe apenas lodo biológico, o tempo de detenção hidráulica deve ser igual ou superior a doze dias; quando recebe lodo misto, o tempo de detenção hidráulica deve ser igual ou superior a 18 dias.

7.4.3 A taxa de aplicação de SSV deve ser igual ou inferior a 3,5 $kg/m^3.d$.

7.4.4 A massa de oxigênio fornecido deve ser igual ou superior a 1,9 kgO_2/kg SSV consumido.

7.4.5 O equipamento de aeração deve manter uma concentração de oxigênio dissolvido igual a 2 mgO_2/L no interior do digestor aeróbio.

7.4.6 No caso de emprego de equipamento de aeração superficial, a densidade de potência deve ser igual ou superior a 25 W/m^3.

7.4.7 No caso de emprego de equipamento de ar difuso, a taxa de ar fornecido deve ser igual ou superior a 1,2 m^3 de ar por hora e por metro cúbico do volume útil do digestor.

7.4.8 Para o dimensionamento do equipamento de aeração, deve ser observado o disposto em 6.3.13 e 6.3.14 e de 6.3.21 a 6.3.23.

7.4.9 O líquido sobrenadante resultante do adensamento por gravidade do lodo digerido, efetuado no interior do digestor aeróbio operado intermitentemente, deve ser retornado à entrada da ETE, em cujo dimensionamento deve ser considerada a carga orgânica correspondente.

Tabela - Valores máximos para adensamento por gravidade

Tipo do lodo	Máxima taxa de aplicação de sólidos ($kg\ SS/m^2.d$)	Máximo teor de sólidos em suspensão no lodo adensado (%)
Lodo primário bruto	150	10
Lodo primário estabilizado	120	10
Lodo biológico (lodo ativado)	30	3
Lodo biológico (filtro biológico)	50	9
Lodo misto (primário bruto + lodo ativado)	50	8
Lodo misto (primário bruto + filtro biológico)	60	9

Cópia não autorizada

7.5 Digestão anaeróbia

7.5.1 A digestão anaeróbia pode ser processada em um único estágio ou em dois estágios em série, sendo os digestores denominados primário e secundário.

7.5.1.1 Na digestão de único estágio, o digestor deve ser projetado também para armazenamento e adensamento do lodo e remoção de sobrenadante.

7.5.1.2 O digestor secundário deve ser projetado para armazenamento e adensamento do lodo e remoção de sobrenadante.

7.5.2 ETE com vazão média afluente igual ou inferior a 20 L/s pode ter a digestão anaeróbia e a decantação primária processadas na mesma unidade.

7.5.3 ETE com vazão média afluente superior a 250 L/s deve ter a digestão anaeróbia processada em mais de um digestor primário ou de único estágio. No caso de digestão em dois estágios, admite-se apenas um digestor secundário interligado a mais de um digestor primário.

7.5.4 Digestor com taxa de aplicação de SSV igual ou superior a 0,5 kg/m^3.d deve ser homogeneizado.

7.5.5 A digestão anaeróbia pode ser:

a) convencional quando se processa com taxa de aplicação de SSV sobre o digestor igual ou inferior a 1,2 kg/m^3.d;

b) de alta taxa quando se processa com taxa de aplicação de SSV sobre o digestor superior a 1,2 kg/m^3.d e igual ou inferior a 6,0 kg/m^3.d.

7.5.6 Na seleção da taxa de aplicação de SSV deve ser considerada a influência da temperatura interna do digestor e verificada a necessidade de aquecimento da unidade.

7.5.7 O dispositivo de homogeneização por recirculação de lodo pode ser interno ou externo ao digestor e deve recircular o volume total de lodo do digestor em um período máximo de 8h.

7.5.8 O dispositivo de homogeneização que não emprega a recirculação de lodo deve introduzir na massa de lodo uma densidade de potência igual ou superior a 1 W/m^3 para digestor convencional, e igual ou superior a 5 W/m^3 para digestor de alta taxa.

7.5.9 O tempo de digestão deve ser:

a) para digestor não homogeneizado $\geq$ 45 dias;

b) para digestor convencional homogeneizado $\geq$ 30 dias;

c) para digestor de alta taxa $\geq$ quinze dias.

Nota: A utilização de valores inferiores deve ser justificada.

7.5.10 Na digestão em dois estágios, o volume útil dos digestores secundários deve ser igual ou superior a 30% do volume útil dos digestores primários.

7.5.11 Para remoção de sobrenadante, o digestor deve dispor de tubulação de extravasão e dispositivos de remoção de líquido em vários níveis, distribuídos pelo menos na metade superior da sua altura. O líquido retirado deve ser encaminhado à entrada da ETE, em cujo dimensionamento deve ser considerada a carga orgânica correspondente.

7.5.12 Tubulações de lodo no digestor devem ter diâmetro mínimo de 200 mm.

7.5.13 Todo digestor deve ter facilidade de acesso de pessoas aos dispositivos de operação e controle e dispor de inspeção lateral com dimensão mínima de 0,80 m.

7.5.14 A superfície interna da parte superior do digestor, acima do nível do lodo, deve ser protegida contra corrosão.

7.5.15 No caso de digestor coberto, o gás de digestão, quando não aproveitado, pode ser eliminado através de queimadores ou dissipado na atmosfera sem queima, quando comprovadamente não houver risco de incêndio, explosão e problemas de odor, devendo a descarga se dar a uma altura não inferior a 3,0 m acima do topo do digestor.

7.5.16 Os queimadores de gás devem ser instalados a uma distância superior a 30,0 m do digestor ou gasômetro e a uma distância superior a 20,0 m de qualquer edifício.

7.5.17 Nos casos de queima ou aproveitamento do gás de digestão, deve ser garantida uma pressão mínima de 1.500 Pa ($\cong$ 0,15 mH_2O) no interior do digestor.

7.5.18 A tubulação de transporte do gás de digestão deve ser de material resistente à corrosão, dimensionada com velocidade máxima de 4,00 m/s. O limite acima refere-se às tubulações em que não há compressão do gás.

7.5.19 A coleta e o transporte do gás de digestão devem dispor de dispositivos de segurança, compreendendo removedores de condensados, corta-chamas, reguladores de pressão e limitadores de pressão máxima e subpressão dotados de alarme.

7.5.20 É recomendada a medição da vazão do gás de digestão em cada digestor.

7.6 Desidratação do lodo

7.6.1 A desidratação do lodo pode ser realizada por processos naturais ou artificiais. Esta Norma abrange apenas o processo natural de leito de secagem.

7.6.2 Leito de secagem deve ser empregado apenas para lodo estabilizado.

7.6.3 A área total de leito de secagem deve ser subdividida em pelo menos duas câmaras. A distância máxima de transporte manual do lodo seco no interior do leito de secagem não deve superar 10 m.

Cópia não autorizada

7.6.4 A área de leito de secagem deve ser calculada a partir de:

a) produção de lodo;

b) teor de sólidos no lodo aplicado;

c) período de secagem para obtenção do teor de sólidos desejado;

d) altura de lodo sobre o leito de secagem.

7.6.5 A descarga de lodo no leito de secagem não deve exceder a carga de sólidos em suspensão totais de 15 kg/m^2 de área de secagem, em cada ciclo de operação.

7.6.6 O fundo do leito de secagem deve promover a remoção do líquido intersticial, através de material drenante constituído por:

a) uma camada de areia com espessura de 7,5 cm a 15 cm, com diâmetro efetivo de 0,3 mm a 1,2 mm e coeficiente de uniformidade igual ou inferior a 5;

b) sob a camada de areia, três camadas de brita, sendo a inferior de pedra de mão ou brita 4 (camada suporte), a intermediária de brita 3 e 4 com espessura de 20 cm a 30 cm e a superior de brita 1 e 2 com espessura de 10 cm a 15 cm; não deve ser permitido o emprego de mantas geotêxteis;

c) sobre a camada de areia devem ser colocados tijolos recozidos ou outros elementos de material resistente à operação de remoção do lodo seco, com juntas de 2 cm a 3 cm tomadas com areia da mesma granulometria da usada na camada de areia; a área total de drenagem, assim formada, não deve ser inferior a 15% da área total do leito de secagem;

d) o fundo do leito de secagem deve ser plano e impermeável, com inclinação mínima de 1% no sentido de um coletor principal de escoamento do líquido drenado. Alternativamente pode ter tubos drenos ou material similar de diâmetro mínimo de 100 mm, dispostos na camada suporte e distantes entre si não mais que 3,00 m.

7.6.7 O dispositivo de entrada do lodo no leito de secagem deve permitir descarga em queda livre sobre placa de proteção da superfície da camada de areia.

7.6.8 A altura livre das paredes do leito de secagem, acima da camada de areia, deve ser de 0,5 m a 1,0 m.

7.6.9 No caso de emprego de processos mecanizados de desidratação do lodo, o líquido separado deve retornar ao processo de tratamento da fase líquida, em cujo dimensionamento deve ser considerada a carga correspondente.