

**UNIVERSIDADE PRESIDENTE ANTÔNIO CARLOS
INSTITUTO DE ENSINOS TECNOLÓGICOS**

Carlos Affonso Malatesta

SISTEMA DE TRATAMENTO DE ESGOTOS

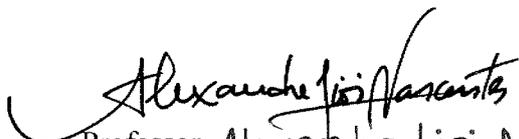
Juiz de Fora

2004

Carlos Afonso Malatesta

SISTEMA DE TRATAMENTO DE ESGOTOS

Monografia apresentada ao Curso de Tecnologia em Meio Ambiente da Universidade Presidente Antônio Carlos (UNIPAC) como requisito para obtenção do diploma de Graduação do Curso de Tecnologia em Meio Ambiente tendo como orientador a seguinte professor :


Professor Alexandre Lioi Nascentes
Universidade Presidente Antônio Carlos

Juiz de Fora

01/12/2004

Dedico este trabalho à minha família e aos mestres que foram colaboradores essenciais para o meu crescimento intelectual.

AGRADECIMENTOS

Agradeço a Deus pela força, à minha família pelo incentivo e amor em todos os momentos do curso e aos meus professores que muito contribuíram para o meu aprendizado.

...E disse Deus: E a todos os animais da Terra e a todas as aves dos céus e a todos os répteis da Terra, em que há fôlego de vida, toda erva verde lhes será o mantimento....

BÍBLIA SAGRADA Gênesis 1/30

RESUMO

O trabalho de monografia a seguir foi desenvolvido através de consulta bibliográfica e conhecimentos adquiridos durante o Curso de Tecnologia em Meio Ambiente e tem por objetivo descrever o processo de tratamento de efluentes industriais e Sanitários.

SUMÁRIO

INTRODUÇÃO -----	09
1 CONSIDERAÇÕES DE COLETA E TRATAMENTO DE ESGOTOS NO BRASIL -10	
2 CONCEITUAÇÃO DE POLUIÇÃO -----	11
2.1. Uso Da Água E Exigências De Qualidade -----	12
Quadro 01-----	13
2.2. Principais Processos Poluidores da Água -----	14
2.3. Técnicas de Controle da Poluição da Água -----	15
3 CONCEITOS BÁSICOS DO ESGOTO -----	16
3.1 Soluções para esgotos industriais -----	19
3.1.1. Principais efeitos causados nos cursos d'água pelo lançamento in-natura do esgoto. -----	19
Quadro 02: Principais poluentes nas águas-----	19
4. FINALIDADE DAS CONSTRUÇÕES DAS ETES -----	21
Quadro 03: Classificação das águas doces em relação ao uso-----	21
Quadro 04: Padrões de qualidade para os corpos d'água-----	22

5. NÍVEIS DE TRATAMENTO	25
Quadro 05:Característica dos níveis de tratamento de esgotos	29
6. MECANISMOS DE REMOÇÃO DE POLUENTES	31
Quadro 06: Mecanismos para remoção de poluentes no tratamento de esgotos	31
6.1. Sistemas de Lagoas de Estabilização	32
6.2. Sistemas de Lodos Ativados	34
6.3. Sistemas de Filtros Biológicos	35
6.4. Sistemas Anaeróbios	35
6.5. Sistemas de Disposição no Solo	37
6.6. Equipamentos Mínimos necessários para os principais sistemas de tratamento	38
7. CARACTERÍSTICAS TÍPICAS DOS PRINCIPAIS SISTEMAS DE TRATAMENTO DE ESGOTO	37
Quadro 08	37
7.1. Processo mais utilizado nas grandes cidades é o de estações de tratamento de esgoto que utiliza o sistema de lodos ativados	40
8. CONCLUSÃO	43
9. BIBLIOGRAFIA	44

INTRODUÇÃO

Segundo a Organização Mundial da Saúde – OMS, saneamento é o controle de todos os fatores do meio físico do homem, que exercem ou podem exercer efeitos nocivos sobre seu bem estar físico, mental e social.

O meio ambiente tem sido degradado através de diferentes formas. Como exemplo verifica-se que a água é utilizada como meio de transporte para dejetos e rejeitos, o solo é prejudicado pelo lançamento do lixo a céu aberto e a qualidade do ar é alterada pela emissão de gases nocivos pelas indústrias e veículos. As ações de saneamento devem Ter, dentre outros objetivos, o de assegurar um meio ambiente favorável a vida humana e de outros seres vivos, através do controle da poluição da água, do solo e do ar. Uma das fórmulas utilizadas com esta função são as estações de tratamento de esgotos, que tem uma eficiência muito grande, como veremos a seguir.

1. CONSIDERAÇÕES DE COLETA E TRATAMENTO DE ESGOTOS NO BRASIL

Pesquisas realizadas no início dos anos 90, pela Associação Brasileira de Engenharia Sanitária e Ambiental (ABES) e pelo Instituto Brasileiro de Geografia Estatística (IBGE) possibilitam uma visualização do quadro sanitário do país, evidenciando as condições precárias a que está exposta grande parte da população brasileira. Segundo a pesquisa, os dados referentes ao esgotamento sanitário são bastante impressionantes. Apenas 30% da população brasileira é atendida por redes coletoras. O volume de esgoto tratado é extremamente baixo, com apenas 8% dos municípios apresentando unidades de tratamento. Mesmo nesses, em geral as estações de tratamento atendem a apenas uma parcela da população, as eficiências são reduzidas e os problemas operacionais são freqüentes.

2. CONCEITUAÇÃO DE POLUIÇÃO

O termo poluição provém do verbo latino “polluere”, que significa sujar. O sentido de sujar, porém, é muito mais ligado à aparência, à estética, do que a danos reais.

De acordo com um conceito mais moderno e abrangente, poluição é tudo que ocorre com um meio e que altera prejudicialmente suas características originais, de forma a:

- a) Afetar a saúde, a segurança e o bem estar da população
- b) Criar condições adversas às atividades sociais e econômicas
- c) Ocasionar danos relevantes à flora, à fauna e a qualquer recurso natural, aos acervos históricos, culturais e paisagísticos.

O termo poluição abrange hoje, três determinantes básicas:

1º - Introdução de substâncias artificiais e estranhas a um meio, como um agrotóxico despejado em um rio, ou a contaminação por organismos patogênicos (transmitem enfermidades).

2º - Introdução de substâncias naturais estranhas a um determinado meio, como sedimentos em suspensão nas águas de um lago, ocupando seu volume útil e tornando-o turvo.

3º - Alteração na proporção ou nas características dos elementos constituintes do próprio meio, como a diminuição do oxigênio dissolvido nas águas de um rio, devido, por exemplo, à presença de matéria orgânica.

2.1. Uso Da Água E Exigências De Qualidade

A água pode ser considerada sob três aspectos distintos, em função de sua utilidade, conforme apresentado a seguir:

1º aspecto: elemento ou componente físico da natureza

Utilidades:

- a) A manutenção da umidade do ar, da relativa estabilidade do clima na Terra e da beleza de algumas paisagens.
- b) Geração de energia
- c) Meio para navegação, pesca e lazer
- d) Transporte de resíduos, despejos líquidos e sedimentos

2º aspecto: Ambiente para a vida Aquática

Utilidades: Ambiente para a vida dos organismos aquáticos

3º aspecto: Fator indispensável à manutenção da vida terrestre

Utilidades: Irrigação dos solos, dessedentação de animais e abastecimento público e industrial

A poluição implica em uma alteração prejudicial das condições naturais da água, comprometendo, assim sua qualidade. Esta alteração deve ser analisada em termos do impacto nos usos previstos para o corpo d'água

Quadro 1 – Associação entre os usos da água e os requisitos de qualidade

Uso Geral	Uso Específico	Qualidade requerida
Abastecimento doméstico de água	Consumo humano, higiene pessoal e usos domésticos	Isenta de substâncias químicas prejudiciais à saúde, adequada para serviços domésticos, baixa agressividade e dureza, esteticamente agradável (baixa turbidez, cor, sabor e odor; ausência de micro e macrorganismos)
Abastecimento Industrial	A água não entra em contato com o produto (ex.: refrigeração, caldeiras)	Baixa agressividade e dureza
	A água entra em contato com o produto	Variável com o produto
	A água é incorporada ao produto (ex: alimento, bebidas, remédios)	Isenta de substâncias químicas e organismos prejudiciais à saúde, esteticamente agradável (baixa turbidez, cor, sabor e odor).
Irrigação	Hortaliças, produtos ingeridos crus ou com casca	Isenta de substâncias químicas e organismos prejudiciais à saúde, salinidade não excessiva
	Demais plantações	Isenta de substâncias químicas prejudiciais ao solo e às plantações, salinidade não excessiva
Dessedentação de Animais	-	Isenta de substâncias químicas e organismos prejudiciais à saúde, dos animais
Preservação da Flora e da Fauna	-	Variável com os requisitos ambientais da flora e da fauna que se deseja preservar
Recreação e Lazer	Contato primário (contato direto com o meio líquido; ex: natação, esqui, surfe).	Isenta de substâncias químicas e organismos prejudiciais à saúde, baixos teores de sólidos em suspensão, óleos e graxas.
	Contato secundário (não há contato direto com o meio líquido; ex: navegação de lazer, pesca, lazer contemplativo)	Aparência agradável

Geração de Energia	Usinas Hidrelétricas	Baixa agressividade
	Usinas Nucleares ou termoelétricas (ex: torres de resfriamento).	Baixa dureza
Diluição de Despejos	-	-
Transporte	-	Baixa presença de material grosseiro que possa por em risco as embarcações
Aquicultura	-	Presença de nutrientes e qualidade compatível com as exigências das espécies a serem cultivadas.
Paisagismo e manutenção da umidade do ar e da estabilidade do clima	Estética e conforto térmico	-

2.2. Principais Processos Poluidores da Água

São várias as formas de poluição da água, de origem natural ou como resultado das atividades humanas. Os mais importantes são:

a) Contaminação – Introdução na água de substâncias nocivas à saúde e as espécies da vida aquática.

Exemplo: patogênicos e metais pesados

b) Assoreamento – Acúmulo de substâncias minerais (areia, argila) ou orgânicas (lodo) em um corpo d'água, o que provoca a redução de sua profundidade e seu volume útil.

c) Eutrofização – Fertilização excessiva da água por recebimentos de nutrientes (nitrogênio, fósforo). Causando o crescimento descontrolado (excessivo) de algas e plantas aquáticas.

d) Acidificação – Abaixamento do PH, como decorrência da chuva ácida (chuva com elevada concentração de íons H^+ , pela presença de substâncias químicas como dióxido de

enxofre, óxido de nitrogênio, amônia e dióxido de carbono), que contribui para a degradação da vegetação e da vida aquática.

2.3 Técnicas de Controle da Poluição da Água

Na análise das possíveis estratégias de controle da poluição da água, é fundamental que se considere a bacia hidrográfica como um todo, para efeito do planejamento das atividades a serem realizadas. As medidas de controle terão a eficiência limitada se abrangerem apenas parte dessa bacia.

Principais Técnicas:

- 1º - Implantação de sistemas de coleta e tratamento de esgotos
- 2º - Controle dos focos de erosão
- 3º - Recuperação de rios que objetiva o retorno de seu equilíbrio dinâmico, através da restauração de suas condições (do sedimento, do escoamento, da geometria do canal, da vegetação).

3. CONCEITOS BÁSICOS DO ESGOTO

A- Sistema de Esgoto Sanitários

É o conjunto de obras e instalações destinadas a propiciar a coleta, transporte e afastamento, tratamento e disposição final das águas residuárias da comunidade, de uma forma adequada do ponto de vista sanitário.

B - Águas Residuárias

São esgotos gerados por uma comunidade ou indústria.

C - Esgoto Doméstico

Despejo líquido das habitações, estabelecimentos comerciais, instituições e edifícios públicos.

D - Efluentes Industriais

São esgotos gerados pelas indústrias

E - Esgoto Bruto

É o esgoto não tratado

F - Esgoto Tratado

É o esgoto após a etapa de tratamento

G - Águas de Infiltração

É a parcela das águas do subsolo que penetra nas canalizações de esgoto através das juntas, poços de visita e defeitos na estrutura do sistema.

H - Águas pluviais

Parcela das águas da chuva que escoam superficialmente

I - Corpo Receptor

Corpo d'água que recebe o lançamento de esgotos brutos ou tratados

J - Efluentes

São despejos tratados ou não, de origem agrícola, industrial ou doméstica, lançados no ambiente.

K - Contaminação

Introdução de substâncias nocivas no meio, como por exemplo, organismos patogênicos e metais pesados.

L - Água Bruta

É a água retirada do rio, lago ou lençol subterrâneo, possuindo uma determinada qualidade.

M - Água Tratada

É a água que sofre transformações para se adequar aos usos previstos.

N - Esgoto Bruto

É a água que sofre novas transformações após ser utilizada, transformando a sua qualidade, vindo a se tornar um despejo líquido.

O - Esgoto Tratado

É o esgoto que passou por diversas etapas de tratamento visando a remover os seus principais poluentes

P - Autodepuração

É a capacidade natural que o corpo receptor possui

Q - Tipos de Esgotos produzidos em uma cidade

- Esgoto Doméstico

- Águas de Infiltração

- Efluentes Industriais

A vazão doméstica de esgotos é calculada com base no consumo de água da localidade, ou seja, em função do consumo médio diário de água de um indivíduo, denominado Quota Per Capita (QPC). Para se calcular a vazão de esgotos utiliza-se o conceito de coeficiente de retorno.

Coeficiente de Retorno (80%) ou seja, para cada 100 litros de água consumida, são lançados aproximadamente 80 litros de esgoto na rede coletora.

Os esgotos domésticos contém aproximadamente 99,9% de água, e apenas 0,1% de sólidos que ocorrem os problemas de poluição das águas, trazendo a necessidade de se tratar os esgotos.

A característica dos esgotos gerados por uma comunidade é função dos usos aos quais a água foi submetida. Esses usos, e a forma com que são exercidos, variam com o clima, situação social, econômica e hábitos da população.

Os esgotos industriais podem exercer uma grande influência no projeto dos sistemas de esgotos sanitários e na operação das estações de tratamento. Para que o tratamento seja eficaz, deve-se remover previamente dos despejos industriais os contaminantes que possam causar um dos problemas:

I – Toxidez aos microrganismos responsáveis pelo tratamento biológico dos esgotos.

II – Toxidez ao tratamento do lodo gerado no tratamento dos esgotos e à sua disposição final

III – Risco à segurança dos trabalhadores e problemas na operacionalidade de rede de coleta e interceptação.

IV – Presença de contaminantes no efluente do tratamento biológico, devido ao fato dos mesmos poderem não ser removidos pelo tratamento.

3.1. Soluções para esgotos industriais

I – Tratamento prévio do esgoto em estações próprias antes de lançar direto no corpo receptor

II – Pré condicionamento dos efluentes industriais em estação própria e lançamento em rede pública de coleta, desde que exista estação de tratamento de esgotos para atendimento ao município

3.1.1. Principais efeitos causados nos cursos d'água pelo lançamento in-natura do esgoto.

Quadro 2: Principais Poluentes nas Águas Residuárias

Poluentes	Parâmetro de Caracterização	Tipo de Efluentes	Consequências
Sólidos em suspensão	Sólidos em suspensão totais	Domésticos, industriais	Problemas estéticos, depósitos de lodo, absorção de poluentes, proteção de patogênicos
Sólidos Flutuantes	Óleos e graxas	Domésticos, industriais	Problemas estéticos
Matéria Orgânica biodegradável	Demanda bioquímica de oxigênio (DBO)	Domésticos, industriais	Consumo de oxigênio, mortandade de peixes, condições sépticas
Patogênicos	Coliformes	Domésticos,	Doenças de veiculação hídrica
Nutrientes	Nitrogênio, fósforo	Domésticos, industriais	Crescimento excessivo de algas, toxicidade aos peixes, doença em recém-nascidos (nitratos)
Compostes não biodegradáveis	Pesticidas, detergentes, outros	Industriais, agrícolas	Toxicidade, espumas, redução da

			transferência de oxigênio, não biodegradabilidade, maus odores
Metais pesados	Elementos específicos (ex; arsênio, cádmio, cromo, mercúrio, zinco, etc.)	Industriais	Toxicidade, inibição de tratamento biológico dos esgotos, problemas de disposição do lodo na agricultura, contaminação da água subterrânea
Sólidos inorgânicos dissolvidos	Sólidos dissolvidos totais, condutividade elétrica	Reutilizados	Salinidade excessiva –pejuízo às plantações (prejuízo às plantações (irrigação), toxidade a plantas (alguns íons), problemas de permeabilidade do solo (sódio)

4. FINALIDADE DAS CONSTRUÇÕES DAS ETES

Tratar o esgoto, removendo os poluentes, os quais viriam a causar deterioração do corpo d'água.

A legislação ambiental estabelece padrões e parâmetros para o lançamento de esgoto em um corpo receptor.

A legislação ambiental estabelece padrões e parâmetros para o lançamento do esgoto em um corpo receptor.

A resolução CONAMA nº 20 de 18/06/86, dirigiu as águas do território nacional em água doces (salinidade 0,05%), salobras (salinidade entre 0,05% e 0,3%) e salinas (salinidade 0,3%). Em função dos usos previstos, foram criadas nove classes. O quadro a seguir apresenta um resumo dos usos preponderantes das classes relativas à água doce.

Quadro 3 – Classificação das águas doces em função dos usos preponderantes

(Resolução CONAMA nº 20 de 18/06/86).

Uso	Classe				
	Esp ecial	1	2	3	4
Abastecimento doméstico	X	X (a)	(b) X	(b) X	
Preservação do equilíbrio natural das comunidades aquáticas	X				
Recreação de contato primário		X	X		
Proteção das comunidades aquáticas		X	X		

Irrigação		X (c)	X (d)	X (e)	
Criação de espécies (agricultura)		X	X		
Dessedentação de animais				X	
Navegação					X
Harmonia paisagística					X
Usos menos exigentes					X

- (a) após tratamento simples
- (b) após tratamento convencional
- (c) hortaliças e frutas rentes ao solo
- (d) hortaliças e plantas frutíferas
- (e) culturas arbóreas, cerealíferas e forrageiras

Padrões de Qualidade para corpos d'água das diversas classes (água doce) e padrão de lançamento (Resolução CONAMA nº 20, 18/06/86)

Quadro 4 – Padrões de qualidade para os corpos d'água das diversas classes (água doce) e padrão de lançamento (Resolução CONAMA nº 20, 18/06/86)

Parâmetro	Unidade	Padrão para Corpo D'água Classe				Padrão de Lançamento
		1	2	3	4	
Cor	UH	30	75	75	-	-
Turbidez	UT	40	10	10	-	-
Sabor e odor	-	V	V	V	-	-
		A	A	A		
Temperatura	°C	-	-	-	-	< 40
Material Flutuante	-	V	V	V	V	AUSENTE
		A	A	A	A	
Óleos e graxas	-	V	V	V	(1)	(2)
		A	A	A		
Corantes	-	V	V	V	-	-

artificiais		A	A	A		
Sólidos dissolvidos	l	mg/	50	50	50	-
Cloretos	l	mg/	25	25	25	-
PH		-	6	6	6	6
DBO5	l	mg/	3	5 ⁽³⁾	10	-
DQO	l	mg/	-	-	-	-
OD	l	mg/	6	5	4	2
Sólidos em suspensão	mg/l		-	-	-	-
Amônia	l	mg/	0,02(6)	0,02(6)		
Subst. Prejudiciais Potenc.		-	(7)	(7)	(7)	(7)
Coliformes Totais	/100 ml	Org	1.000	5.000	20.000	-
Coliformes Fecais	/100 ml	org	200	1.000	4.000	-
Regime lançamento		-	-	-	-	-

- O quadro lista apenas parâmetros principais

- Na Classe especial não são permitidos lançamento de qualquer natureza, mesmo que tratados

- Em princípio, um efluente deve satisfazer, tanto ao padrão de lançamento, quanto ao padrão de qualidade do corpo receptor (segundo sua classe). O padrão de lançamento pode ser excedido caso os padrões de qualidade do corpo receptor sejam resguardados, desde que autorizado pelo órgão ambiental estadual, e demonstrado por estudos de impacto ambiental, fixados o tipo de tratamento e as condições para o lançamento.

- VA: virtualmente ausente

(1): toleram-se efeitos iridescentes (que dão as cores do arco -íris)

(2): minerais: 20 mg/l; vegetais e gordura animais: 50 mg/l

(3): Pode ser ultrapassado caso estudos de autodepuração indiquem que o OD deverá estar dentro dos padrões, nas condições críticas de vazão (média das mínimas de 7 dias consecutivos em 10 anos de recorrência)

(4): pode ser ultrapassado caso a eficiência do tratamento seja superior a 85%

(5): Deliberação Normativa COPAM nº 010/86 (Minas Gerais)

(6): Amônia: padrão do corpo receptor: amônia ionizada (NH₃); padrão de lançamento: amônia total

(7): várias substâncias: consultar a resolução

(8): Regime de lançamento: a vazão máxima deverá ser no máximo 1,5 vezes a vazão média do período de atividade do agente poluidor

5. NÍVEIS DE TRATAMENTO

Usualmente, consideram-se os seguintes níveis para o tratamento dos esgotos domésticos:

1º - Preliminar – Objetiva a remoção dos sólidos grosseiros com a utilização de grades de retenção. Principais finalidades da remoção dos sólidos grosseiros:

- Proteção de unidades de tratamento subseqüentes
- Proteção das bombas e tubulações que fazem o transporte do esgoto
- Aspectos estéticos do corpo receptor

2º - Primário – Visa a remoção de sólidos, através de mecanismos físicos sedimentáveis e parte da matéria orgânica, com remoção através de mecanismos físicos dos poluentes.

Os esgotos, após passarem pelas unidades de tratamento preliminar, contém ainda os sólidos em suspensão não grosseiros, os quais podem ser parcialmente removidos em unidades de sedimentação. Com a remoção de uma grande parcela dos sólidos em suspensão, remove-se também parte da matéria orgânica. Existem dois tipos de decantadores primários, os circulares e os retangulares. Os esgotos fluem vagarosamente pelos decantadores, permitindo que os sólidos em suspensão, possuindo uma densidade maior do que a do líquido, sedimentem gradualmente no fundo, gerando uma massa de sólidos denominada lodo primário bruto.

Os materiais flutuantes, tais como óleos e graxas são removidos na superfície. Existe também o tratamento dos esgotos em nível primário, através de fossas sépticas, onde os sólidos sedimentares são removidos para o fundo, permanecendo um tempo longo (alguns

meses), suficiente para a sua estabilização. Este tratamento é bastante utilizado na zona rural. O dimensionamento da fossa séptica está contemplado pela Norma Brasileira _ NBR – 7229. O o lodo que se acumula no fundo da fossa séptica é removido num intervalo de 6 meses a 1 ano, já saindo estabilizado porém contaminado por patogênicos.

3° - Secundário – objetiva principalmente a remoção de matéria orgânica e eventualmente nutrientes (nitrogênio e fósforo), predominando os mecanismos biológicos.

O tratamento secundário pressupõe uma etapa de remoção biológica dos poluentes. Sendo o único capaz de produzir um efluente de acordo com o padrão de lançamento da legislação ambiental. Este tratamento tenta reproduzir os fenômenos naturais de estabilização da matéria orgânica, que ocorre no corpo receptor. A vantagem é que o processo é feito mais rapidamente (ocupando menos espaços) e em condições controladas. O tratamento secundário geralmente inclui unidades para o tratamento preliminar, mas podem ou não incluir as unidades para tratamento primário. Os processos de tratamento de esgotos a nível secundário podem ser divididos em:

I – Sistema Simplificado (sem mecanização) que podem ser:

- Lagoa de Estabilização;
- Disposição no Solo;
- Reatores Anaeróbicos;

a) Lagoa de Estabilização (sem aeração) – As principais variantes destas lagoas são as denominadas lagoas facultativas. Estas são construídas de forma simples, com diques de terra. Os esgotos entram em uma extremidade e saem na extremidade oposta. A matéria orgânica, na forma de sólidos em suspensão, vai para o fundo da lagoa, onde forma uma camada de lodo, que vai, aos poucos, sendo estabilizada através das bactérias presentes. Na

parte superior da lagoa ocorre a estabilização, através de bactérias, da matéria orgânica que não sedimenta. O oxigênio necessário para a respiração das bactérias é fornecido por algas, que fazem a fotossíntese. Para as algas crescerem é necessária uma insolação suficiente. Os sistemas de lagoas requerem grandes áreas superficiais, muitas vezes não disponíveis na localidade. Há portanto, necessidade de se buscar soluções que possam trazer uma redução da área total requerida. Uma outra variante do sistema de lagoas é o de lagoas anaeróbicas seguidas por lagoas facultativas. Nas primeiras lagoas, de pequenas dimensões, predominam as reações anaeróbicas, as quais ocorrem na ausência de oxigênio. Com a remoção em torno de 50 a 60% da matéria orgânica nas lagoas anaeróbicas, as lagoas facultativas que seguem podem ser bem menores. A área total ocupada é em torno de 2/3 da área ocupada por uma lagoa facultativa única. O sistema de lagoas é também eficiente na remoção de patogênicos.

b) Disposição no Solo

Os esgotos são aplicados ao solo, fornecendo água e nutrientes necessários para o crescimento das plantas. Parte do líquido é evaporada, parte pode infiltrar pelo solo, e parte é absorvida pelas plantas. Em alguns processos, a infiltração no solo é elevada, e não há efluente. Em outros processos, a infiltração é baixa, saindo esgotos (tratados) na extremidade oposta do terreno. Os esgotos podem ser aplicados ao solo por meio de aspersores, valas, canais, alagamento e outros. Os sistemas de disposição no solo requerem áreas superficiais bastante elevadas.

c) Reatores Anaeróbicos

O tratamento anaeróbico é efetuado por bactérias que não necessitam de oxigênio para a sua respiração. Há dois tipos bastante comuns em nosso meio: O filtro anaeróbico e o reator anaeróbico de manta de lodo. Ambos os processos requerem pouca área para a sua implantação.

Filtro Anaeróbico – a matéria orgânica é estabilizada por bactérias aderidas a um meio suporte (usualmente pedras) em um tanque. O tanque trabalha afogado, e o fluxo do líquido é de baixo para cima. O sistema requer decantação primária (freqüentemente fossas sépticas).

Reator anaeróbico de manta de lodo – a matéria orgânica é estabilizada por bactérias

Dispersas no tanque. O fluxo do líquido é de baixo para cima. A parte superior do tanque é dividida em zonas de sedimentação e zonas de coleta de gás. Entre os gases formados inclui-se o metano. O sistema dispensa decantação primária, mas usualmente necessita de uma unidade de pós- tratamento.

II – Sistemas Mecanizados podem ser:

- Lagoas de Estabilização com aeração;
- Filtros Biológicos
- Lodos Ativados;

a) Lagoas de Estabilização Aeradas

Os mecanismos de remoção da matéria orgânica são similares aos de uma lagoa facultativa. No entanto, o oxigênio é fornecido por equipamento mecânicos, denominados aeradores. Em alguns tipos de lagoas aeradas (lagoas aeradas facultativas), os sólidos dos esgotos e as bactérias permanecem em suspensão, necessitando ser removidos em uma lagoa de decantação posterior. Os sistemas de lagoas aeradas requerem menos 'qrea do que os sistemas naturais, mas mais área do que os demais sistemas mecanizados.

b) Filtros Biológicos

A matéria orgânica é estabilizada por bactérias que crescem aderidas a um meio suporte (comumente pedras, mas também podem ser usados meio sintéticos). O esgoto é aplicado na superfície do tanque através de distribuidores rotativos. O líquido percola pelo tanque, saindo

pelo fundo, ao passo que a matéria orgânica fica retida pelas bactérias. Os espaços livres entre as pedras são vazios, o que permite a circulação de ar. O sistema necessita de decantação primária. Em algumas variantes do sistema, o líquido efluente do decantador final (decantador secundário) é recirculado para os filtros. Os filtros biológicos requerem uma área inferior à das lagoas mecanizadas.

c) Lodos Ativados – A matéria orgânica é removida por bactérias que crescem dispersas em um tanque (tanque de aeração). A biomassa (bactérias) do tanque de aeração sedimenta em um decantador final (decantador secundário), permitindo que o efluente saia clarificado para o corpo receptor. O lodo que se sedimenta no fundo do decantador secundário é retornado, por bombeamento, ao tanque de aeração, aumentando a eficiência do sistema. O fornecimento de oxigênio é feito artificialmente, por aeradores mecânicos superficiais, ou por tubulações de ar no fundo do tanque. Algumas variantes do processo requerem ou não decantadores primários. Alguns sistemas de lodos ativados operam continuamente, enquanto outros operam de forma intermitente. Os sistemas de lodos ativados requerem reduzidas áreas para sua implantação.

4º - Terciário – Objetiva a remoção de poluentes específicos (usualmente tóxicos ou compostos não biodegradáveis) ou ainda, a remoção complementar de poluentes não suficientemente removidos no tratamento secundário. Este tratamento é bastante raro no Brasil.

Quadro 5- características dos Níveis de Tratamento de Esgotos

Item	Nível (1)		
	Preliminar	Primário	Secundário
Poluentes Removidos	Sólidos grosseiros	Sólidos sedimentáveis, matéria orgânica sedimentável	Sólidos não sedimentáveis, matéria orgânica não sedimentável, eventualmente nutrientes

Eficiência de Remoção	-	Sólidos em suspensão: 60 -70%, matéria orgânica: 30 -40%, patogênicos: 30 -40%	Matéria orgânica: 60 a 99%, patogênicos: 60 a 99% (3)
Tipo de Tratamento Predominante	Físico	Físico	Biológico
Cumre o padrão de lançamento? (2)	Não	Não	Usualmente sim
Aplicação	Montante de elevatória, etapa inicial de tratamento	Tratamento parcial, etapa intermediária de tratamento completo	Tratamento mais completo (para matéria orgânica)

6. MECANISMOS DE REMOÇÃO DE POLUENTES

Depende do processo a ser utilizado, onde os vários mecanismos podem atuar separadamente ou simultaneamente na remoção dos poluentes.

Quadro 6 – Principais Mecanismos de Remoção de Poluentes no Tratamento de Esgotos:

Poluente	Dimensões	Principais Mecanismos de Remoção	
Sólidos	Maiores dimensões (maiores que ~1cm)	Gradeamento	Retenção de sólidos com dimensões superiores ao espaçamento entre barras
	Dimensões Intermediárias maiores que ~0,001mm)	Sedimentação	Separação de partículas com densidade superior à do esgoto
	Dimensões diminutas (menores que ~0,001mm)	Absorção	Retenção na superfície de aglomerados de bactérias ou biomassa
Matéria Orgânica	Dimensões superiores a ~0,001mm	Sedimentação	Separação de partículas com densidade superior à do esgoto
		Absorção	Retenção na superfície de aglomerados de bactérias, ou biomassa
		Estabilização	Utilização pelas bactérias como alimento, com conversão a gases, água e outros compostos inertes
	Dimensões inferiores a ~0,001mm	Absorção	Retenção na superfície de aglomerados de bactérias, ou biomassa

		Estabilização	Utilização pelas bactérias como alimento, com conversão a gases, água e outros compostos inertes
Organismos transmissores de doenças		Radiação ultra violeta	Radiação do sol ou artificial
		Condições ambientais adversas	Temperatura, pH, falta de alimento, competição com outras espécies
		Desinfecção	Adição de algum agente desinfetante, como o cloro

Análise comparativa dos principais sistemas de tratamento de esgotos com suas vantagens e desvantagens

6.1 Sistemas de Lagoas de Estabilização

Sistema: Lagoas sem aeração (lagoa facultativa ou sistema lagoa anaeróbia – lagoa facultativa)

Vantagens:

- satisfatória eficiência na remoção de DBO;
- eficiente na remoção de patogênicos;
- construção, operação e manutenção simples;
- reduzidos custos de implementação e operação;
- ausência de equipamentos mecânicos
- requisitos energéticos praticamente nulos;
- satisfatória resistência a variações de carga;
- remoção de lodo necessária apenas após períodos superiores a 20 anos;

Desvantagens:

- Elevados requisitos de área;
- Dificuldade em satisfazer padrões de lançamento bem restritivos;
- A simplicidade operacional pode trazer o descaso na manutenção (crescimento de vegetação);
- Possível necessidade de remoção de algas do efluente para o cumprimento de padrões rigorosos;
- Performance variável com as condições atmosféricas (temperatura e insolação);
- Possibilidade de maus odores (caso haja lagoas anaeróbias);
- Necessidade de um afastamento razoável às residências circunvizinhas (caso haja lagoas anaeróbias);
- Possibilidade do crescimento de insetos;

Sistema: Lagoa com aeração

Vantagens:

- Construção, operação e manutenção relativamente simples;
- Requisitos de área inferiores aos sistemas de lagoas sem aeração;
- Maior independência das condições atmosféricas que os sistemas de lagoas sem aeração;
- Eficiência na remoção da DBO ligeiramente superior à das lagoas sem aeração;
- Satisfatória resistência a variações de carga;
- Reduzidas possibilidades de maus odores

Desvantagens:

- Introdução de equipamentos;
- Ligeiro aumento no nível de sofisticação;
- Requisitos de área ainda elevados;

- Requisitos de energia relativamente elevados;
- Necessidade de remoção contínua ou periódica (2 a 5 anos) do lodo, no caso de lagoas de decantação;

6.2. Sistemas de Lodos Ativados

Sistema: Lodos Ativados Convencional

Vantagens:

- Elevada eficiência na remoção de DBO;
- Possibilidade de remoção biológica de nutrientes;
- Baixos requisitos de área;
- Processo confiável, desde que supervisionado;
- Reduzidas possibilidades de maus odores, insetos e vermes;

Desvantagens:

- Elevados custos de implantação e operação;
- Elevado consumo de energia;
- Necessidade de operação sofisticada;
- Elevado índice de mecanização;
- Necessidade de tratamento de lodo e da sua disposição final;
- Possíveis problemas ambientais com ruídos e aerossóis;

6.3. Sistemas de Filtros Biológicos

Sistema: Filtro Biológico

Vantagens:

- Elevada eficiência na remoção de DBO;
- Requisitos de área relativamente baixos;
- Mais simples conceitualmente do que lodos ativados;
- Índice de mecanização relativamente baixo;
- Equipamentos mecânicos simples;
- Estabilização do lodo no próprio filtro (no caso de filtros de baixa carga)

Desvantagens:

- Menor flexibilidade operacional que lodos ativados;
- Elevados custos de implantação;
- Relativa dependência de temperatura do ar;
- Relativamente sensível a descargas tóxicas;
- Necessidade do tratamento do lodo e da sua disposição final;
- Possíveis problemas com moscas (filtros de baixa carga);
- Elevadas perdas de carga;

6.4. Sistemas Anaeróbios

Sistema: Reator anaeróbio de manta de lodo

Vantagens:

- Satisfatória eficiência na remoção de DBO;
- Baixos requisitos de área;
- Baixos custos de implantação e operação;
- Reduzido consumo de energia;
- Não necessita de meio suporte;
- Construção, operação e manutenção simples;
- Baixíssima produção de lodo;
- Estabilização do lodo no próprio reator;
- Necessidade apenas de disposição final do lodo;
- Rápido reinício após períodos de paralisação;

Desvantagens:

- Dificuldade em satisfazer padrões de lançamento bem restritivos;
- Efluente com aspecto desagradável;
- Remoção de nutrientes insatisfatória;
- Possibilidade de maus odores (embora possa ser controlada);
- A partida do processo é geralmente lenta;
- Relativamente sensível a variações de carga;

Sistema: Filtro Anaeróbio

Vantagens:

- Idem reator anaeróbio de fluxo ascendente (exceção – necessidade de meio suporte);
- Boa adaptação a diferentes tipos e concentrações de esgotos;
- Boa resistência a variações de carga;
- Rápido reinício após períodos de paralisação;

Desvantagens:

- Dificuldade em satisfazer padrões de lançamento bem restritos;
- Efluente eventualmente com aspecto desagradável;
- Remoção de nutrientes insatisfatória;
- Possibilidade de maus odores (embora possa ser controlada);
- Riscos de entupimento;
- Requisitos de área superiores aos do reator anaeróbio de manta de lodo;
- Restrito ao tratamento de efluentes com baixas concentrações de sólidos;

6.5. Sistemas de Disposição no Solo

Sistema: Vários Processos

Vantagens:

- Elevada eficiência na remoção de DBO e coliformes;
- Satisfatória eficiência na remoção de nutrientes;
- Método de tratamento e disposição final combinados (exceção: escoamento superficial);
- Requisitos energéticos praticamente nulos;
- Construção, operação e manutenção simples;
- Reduzidos custos de implantação e operação;
- Boa resistência a variações de carga;
- Não há geração de lodo;
- Proporciona fertilização e condicionamento do solo;

- Retorno financeiro na irrigação de áreas agricultáveis;
- Recarga do lençol subterrâneo (em sistemas com infiltração);

6.6. Equipamentos Mínimos necessários para os principais sistemas de tratamento de esgotos:

- Tratamento Preliminar – grade, caixa de areia, medidor de vazão
- Tratamento Primário - raspadores de lodo, misturador nos digestores, equipamento de gás
- Lagoa sem aeração – elevatórias para a recirculação do efluente.
- Disposição no solo – aspersores
- Tratamento Anaeróbico- Não precisa de equipamentos
- Lagoa de aeração – distribuidor rotativo, raspadores de lodo, elevatória para recirculação, misturador para digestor, equipamento de gás.
- Lodos Atirados – aeradores, elevatórias de recirculação, raspadores de lodo, ponte do adensador, misturador do digestor, equipamento de gás

7. CARACTERÍSTICAS TÍPICAS DOS PRINCIPAIS SISTEMAS DE TRATAMENTO DE ESGOTO

Quadro 8

Sistemas de Tratamento	Eficiência na Remoção		Requisitos		Custos (US\$/hab)	Quantidade de lodo a ser tratado (m ³ /hab. ano)
	Matéria Orgânica	Patógenos	Área (m ² /hab)	Potência (W/hab)		
Tratamento Preliminar	0 - 5	~0	< 0,001	~0	2 - 8	-
Tratamento Primário	35 - 40	30 - 40	0,03 - 0,05	~0	20 - 30	0,6 - 1,3
Lagoas sem aeração	80 - 90	60 - 99,9	1,5 - 5,0	~0	10 - 30	-
Disposição no Solo	85 - 99	90 - 99	1 - 50	~0	5 - 20	-
Sistemas Anaeróbicos	60 - 90	60 - 90	0,05 - 0,4	~0	20 - 80	0,07 - 0,1
Lagoas com aeração	70 - 90	60 - 99	0,2 - 2,5	1 - 1,7	10 - 30	-
Filtros biológicos	80 - 93	60 - 90	0,15 - 0,7	0,2 - 1,6	40 - 120	0,4 - 1,5
Lodos ativados	85 - 98	60 - 90	0,2 - 0,35	1,5 - 4,0		0,7 - 1,5

Nota: os maiores custos estão geralmente associados a menores populações de contribuição ou a versões mais sofisticadas do sistema.

7.1. Processo mais utilizado nas grandes cidades é o de estações de tratamento de esgoto que utiliza o sistema de lodos ativados.

Este processo se inicia com a coleta e o transporte do esgoto até a estação de tratamento de esgotos (ETES). A coleta e o transporte do esgoto pode ser feito por gravidade ou com o auxílio de estações elevatórias que fazem o bombeamento do esgoto e o conduzem a um ponto mais alto. O transporte do esgoto é feito através de tubulações que podem ser:

A- Redes Coletoras: São as canalizações destinadas a recolher e transportar o líquido residual, doméstico ou indústria. Os coletores se dividem em:

1º - Coletor Predial – É a canalização instalada no interior da propriedade particular (casa, prédio ou edifício institucional)

2º - Coletor de Passeio – É a canalização situada nos passeios de quarteirões, esses coletores se instalam a profundidades relativamente rasas, no mínimo a 0,60m. com diâmetro de 100mm, devendo possuir caixas de inspeção nas extremidades de cada trecho.

3º - Coletor de Rua - É a canalização que destina-se a receber os ramais domiciliares, ou seja, recebem o esgoto lançado pelas instalações prediais. São instalados os chamados poços luminares, que são utilizados canalização de 100mm, com tampa de ferro fundido ou outro material, no nível d superfície do passeio. O objetivo desse dispositivo é desobstruir eventuais entupimentos no ramal domiciliar.

4º - Coletor Principal ou Coletor Tronco – é a canalização que tem a função de receber os lançamentos dos coletores de rua. O diâmetro destas tubulações podem ser igual ou superior a 400mm.

B- Redes Interceptoras – São as canalizações destinadas a interceptar e receber o fluxo esgotado pelos coletores. Portanto, o conceito de interceptor não se vincula ao diâmetro ou ao posicionamento dentro da rede coletora, mas apenas à função que desempenha dentro do sistema. Os interceptores fazem o transporte do esgoto coletado até os emissários.

C - emissários – São as canalizações que recebem os resíduos na extremidade de montante e os lançam na estação de tratamento de esgotos ou no corpo de água receptor, trata-se de um rio, lago ou mar.

D - Etapas de Tratamento

Quando o esgoto chega à Estação de Tratamento, ele passa por várias etapas visando o seu tratamento para ser lançado no corpo receptor. a matéria orgânica é estabilizada por bactérias.

1º Gradeamento – Tem como função principal a retenção de sólidos grosseiros, tais como: galhos, papéis, pedregulhos, etc; através de um sistema composto por grades inclinadas que retém estes sólidos. A remoção dos sólidos é feita manualmente e os resíduos são encaminhados ao aterro.

2º Desarenação – é formada por canais longitudinais, também chamadas “caixas de areia” onde o esgoto transita em baixa velocidade, facilitando a precipitação da areia e outras partículas finas – periodicamente este material é retirado e encaminhado ao aterro.

3º Medidor de Vazão – Mede a quantidade variável de esgoto que chega em horários diferentes à estação de tratamento (ETES).

4º tanque de Equalização – É um equipamento que tem a função de homogeneizar o efluente, além de garantir um volume de esgoto a ser tratado com fluxo constante, dia e noite.

Esta unidade possui um aerador para não permitir a sedimentação dos sólidos, além de manter o efluente aerado.

5º - Tanque de Aeração (lodos ativados)

É a unidade mais importante da ETE. Os aeradores infetarão ar no esgoto, gerando condições para que os organismos se alimentem de matéria orgânica. Nesta etapa é importante o controle do pH, temperatura, oxigênio dissolvido e da quantidade de sólidos para que a digestão seja mais eficiente. O processo de Lodos Ativados, pode reduzir a DBO em até 95%.

6º - Decantador Secundário – O efluente é conduzido aos decantadores, onde a biomassa ou lodo resultante, serão sedimentados

7º - Recirculação – O lodo sedimentado nos decantadores serão encaminhados por meio de tubulações e bombas de volta aos tanques de aeração, para acelerar o tratamento.

8º - Digestor – O lodo excedente dos decantadores serão encaminhados ao digestor, onde o processo do tratamento será concluído com a separação dos líquidos e dos sólidos decantados.

9º - Filtro / Prensa – o lodo decantado no digestor, será desidratado no filtro – prensa e o produto mineralizado final, denominado de “torta”, vai ser transportado para o aterro sanitário

10º -Corpo Receptor – O efluente tratado é lançado no corpo receptor (final do processo).

E – Laboratório de Controle

Todas as estações de tratamento de esgotos devem possuir uma unidade paralela (laboratório), com a finalidade de controlar a qualidade do tratamento na ETE, através do monitoramento das características físico- químicas e microbilógicas.

8. CONCLUSÃO

Verificamos com estudos que os processos de tratamento de esgotos citados são bastantes eficientes na remoção de sólidos em suspensão e de matéria orgânica, mas são geralmente insuficientes para a remoção de microrganismos causadores de doenças (patogênicas), o que deixa em suspense a utilização de água dos corpos receptores (rios, córregos, ribeiros, lagoas, etc) pelos seres humanos.

9. BIBLIOGRAFIA

AZEVEDO NETTO, José Maria de. **Manual de hidráulica**. 5.ed. São Paulo: Editora Edgar Blucher Ltda, 1970.

AZEVEDO NETTO, José Maria de et al. **Sistema de esgotos sanitários**. São Paulo: Centro Tecnológico de Saneamento Básico (CETESB)/USP, 1973.

FIGUEIREDO LIMA, Antônio et al. **Projeto e construção de redes de esgotos**. Rio de Janeiro: Associação Brasileira de Engenharia Sanitária e Ambiental- ABES / Companhia de água e esgoto da Paraíba – CAGEPA, 1987.

LENCASTRE, Armando. **Manual de Hidráulica Geral**. 1. ed. Brasileira: São Paulo: Editora Edgar Blucher Ltda, 1972.

MENDONÇA, Sérgio Rolim. **Tópicos avançados em sistemas de esgotos sanitários**. Rio de Janeiro : Associação Brasileira de Engenharia sanitária e ambiental – ABES / Companhia de água e esgoto da Paraíba – CAGEPA, 1987.

METCALF & EDDY. **Ingenieria sanitária. Red de alcantarillado y bombeo de águas residuales.** 1.ed. em espanhol. Wastewater Engeneering: Collection and Pumbing of Wastewater. Editora Labor SA: Calabria, Barcelona / Espanha, 1985.

MURTA DOS SANTOS, Marcos José. **Sistemas de Coletores** . Belo Horizonte : Edições Engenharia, 1981.

TRINIDADE NEVES, Eurico. **Curso de Hidráulica.** 8. ed. Rio de Janeiro: Editora Globo, 1986.

VONSPERLING, Marcos et al. **Manual de Saneamento e Proteção Ambiental para os Municípios.** Universidade Federal de Minas Gerais- UFMG. Departamento de Engenharia Sanitária.

Sites: www.cesama.com.br. Acesso em 17 de outubro de 2004.