USAID

United States Agency for
International Development

Matrizes de Tecnologias de Tratamento de Aguas Servidas Municipais

Environmental Export Council

18 de junho de 1998

Prezados Colegas,

A Agência dos Estados Unidos para o Desenvolvimento Internacional (USAID) e o Environment Export Council (EEC) têm o prazer de apresentar o documento em anexo, *Matrizes de Tecnologias de Tratamento de Águas Servidas Municipais*, elaborado pela Cuncurrent Tecnologies Corporation. Acreditamos que este manual será uma ferramenta valiosa para as autoridades municipais no processo de elaboração, implantação e financiamento de sistemas de tratamento de águas servidas. As matrizes apresentam informações relacionadas ao funcionamento, desempenho, requisitos técnicos e custos de várias opções de tratamento de águas servidas e deverão ser úteis para a seleção da tecnologia mais apropriada para os respectivos sistemas municipais.

O documento foi elaborado com base nas necessidades identificadas pelo Grupo de Trabalho de Recursos Hídricos da América Latina (LAWTF), grupo de especialistas que começou a se reunir em 1995 para examinar questões relacionadas à privatização dos sistemas de tratamento de recursos hídricos e águas servidas da região e, em particular, do Brasil. Os trabalhos técnicos, regulatórios e financeiros da LAWTF fazem parte da Iniciativa Latino-Americana para a Tecnologia Ambiental (LA-IET), um trabalho conjunto realizado pelo EEC e a USAID para promover e incentivar investimentos para tecnologias e processos ambientais limpos. No âmbito da LA-IET foram estabelecidas várias parcerias e iniciativas para melhor coordenar os programas públicos, privados e não-governamentais em apoio a estes objetivos.

Para maiores informações sobre o LAWTF, ou para obter mais cópias deste trabalho, favor entrar em contato com Anne Martin, Coordenadora de País - Brasil - no telefone (202) 466-6933.

Jefferson Seabright
Diretor
USAID/Global/EET

John Mizroch
Diretor Executivo
Environmental Export Council

"Esta publicação pôde ser realizada devido ao apoio fornecido pelo Escritório de Energia, Meio Ambiente e Tecnologia, Divisão Mundial para a Agência dos Estados Unidos para o Desenvolvimento Internacional (USAID), sob os termos da doação No. LAG 5743-A-00-3041-00. As opiniões expressas neste documento são as dos autores e não necessariamente refletem o ponto de vista da Agência dos Estados Unidos para o Desenvolvimento Internacional."

Elaborado pela Concurrent Technologies Corporation
Junho de 1998

ÍNDICE

1.0 GRUPO DE TRABALHO DE RECURSOS HÍDRICOS DA AMÉRICA LATINA 1

2.0 DESENVOLVIMENTO DE MATRIZES 3

3.0 TECNOLOGIAS DE TRATAMENTO DE ÁGUAS SERVIDAS MUNICIPAIS 5
- 3.1 Tecnologias de Tratamentos Físicos 5
  - 3.1.1 Adsorção 6
  - 3.1.2 Aeração 6
  - 3.1.3 Clarificação/Sedimentação 6
  - 3.1.4 Trituração/Fragmentação 8
  - 3.1.5 Flutuação 8
  - 3.1.6 Floculação 9
  - 3.1.7 Microfiltragem 9
  - 3.1.8 Filtragem em Meios Múltiplos 10
  - 3.1.9 Peneiragem 11
- 3.2 Coagulação 18
- 3.3 Tratamento Biológico 19
  - 3.3.1 Digestão Anaeróbica 19
  - 3.3.2 Tratamento Biológico Aeróbico e Métodos Híbridos 20
- 3.4 Tratamento Avançado 27
- 3.5 Desinfecção 37
- 3.6 Tratamento do Lodo 40
  - 3.6.1 Engrossamento do Lodo 42
  - 3.6.2 Desidratação do Lodo 42
  - 3.6.3 Eliminação do Lodo Residual 44
- 3.7 Tratamento de Águas Servidas na Terra 49
- 3.8 Análise de Custos 51

4.0 RESUMO 53

APÊNDICES

APÊNDICE A REFERÊNCIAS 54
APÊNDICE B ASSOCIAÇÕES E ORGANIZAÇÕES 58
APÊNDICE C GUIAS DE COMPRADORES E ÍNDICES DE FORNECEDORES 62
APÊNDICE D WEB SITES 64
APÊNDICE E ÍNDICE DE ATRIBUTOS E EXPLICAÇÕES 65

1.0 GRUPO DE TRABALHO DE RECURSOS HÍDRICOS DA AMÉRICA LATINA - LAWTF

A fim de maximizar os benefícios da globalização crescente, do crescimento econômico e do aumento da conscientização sobre o meio ambiente, o Environmental Export Council (EEC) está trabalhando em conjunto com a Agência dos Estados Unidos para o Desenvolvimento Internacional (USAID) na elaboração de um programa denominado Iniciativa Latino-Americana de Tecnologias Ambientais (LA-IET). A LA-IET funciona como um programa global para uma série de atividades em diversas regiões da América Latina. O objetivo principal dos programas da LA-IET é aumentar a participação do setor privado no desenvolvimento ambiental sustentável. Isto se consegue com o aumento da conscientização do setor privado a respeito das tecnologias ambientais mais apropriadas e encorajando investimentos do setor privado em tecnologias e processos limpos. No âmbito da LA-IET, estes objetivos são alcançados com a formação de parcerias inovadoras que englobam recursos do governo, setor privado, associações industriais e organização não-governamentais. O resultado é uma iniciativa coordenada entre os setores públicos e privados em favor do objetivo mútuo de crescimento e desenvolvimento ambiental sustentável.

Nos últimos quatro anos, o EEC lançou uma série de programas dirigidos especificamente ao crescimento do nível de investimentos privados dos EUA em privatizações e concessões de sistemas de tratamento de águas servidas municipais do Brasil. Com este objetivo, o EEC estabeleceu o *Grupo de Trabalho de Recursos Hídricos da América Latina* (LAWTF). A LAWTF é um pequeno grupo selecionado de especialistas do Brasil e dos EUA nas áreas de financiamento de projetos, tecnologias de tratamento de águas servidas e legislação federal e contratual que colabora com o EEC, a USAID, e o Departamento do Comércio para superar as barreiras de financiamento, implantação e manutenção de privatizações e concessões municipais de tratamento de águas servidas da América Latina.

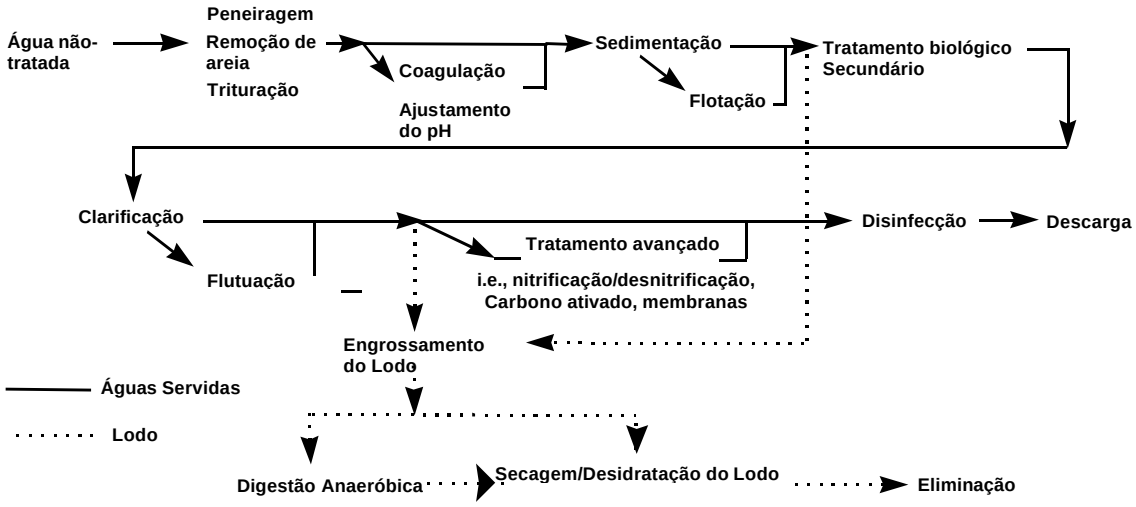
O propósito da LAWTF é criar as condições necessárias para o investimento privado de longo prazo em projetos de tratamento de águas servidas municipais na América Latina. Com este objetivo, o EEC recrutou profissionais dos setores público e privado que já trabalham há vários anos gratuitamente no desenvolvimento de recomendações normativas, técnicas e financeiras para a implantação de programas de privatização de tratamento de água e esgoto. Entre os participantes se encontram prefeitos dos estados de São Paulo, Rio de Janeiro, Mato Grosso do Sul e Minas Gerais, além de representantes do BNDES (Banco Nacional de Desenvolvimento), Eximbank dos EUA, Banco Interamericano de Desenvolvimento, Corporação Internacional de Financiamento, Concurrent Technologies Corporation (CTC), Infrastructure CG/LA e outros.

As reuniões da LAWTF produziram uma série de documentos cujo enfoque são os aspectos jurídicos, técnicos e financeiros das concessões elaboradas para atrair capital internacional para sustentar a viabilidade dos projetos de longo prazo. O EEC contratou a CTC para realizar o último destes projetos, uma matriz que descreve e compara as tecnologias disponíveis de tratamento de águas servidas municipais com base em seu desempenho, requisitos e custo. O objetivo deste documento é apoiar os trabalhos da LAWTF e ajudar os funcionários municipais e outras autoridades a avaliar as diferentes opções de tratamento de águas servidas municipais de acordo com suas necessidades.

2.0 DESENVOLVIMENTO DE MATRIZES

Este documento é baseado na literatura existente e nos conhecimentos da *CTC*. Foram incorporados também os comentários de revisores independentes.

A análise dos desenhos de usinas de tratamento de águas servidas municipais indica que o tratamento consiste em várias operações discretas que são amplamente, senão universalmente, empregadas em usinas que servem comunidades urbanas de tamanho médio e grande (com dezenas de milhares de habitantes ou mais), atendendo ao mesmo tempo os modernos padrões de efluentes dos EUA. Além disso, uma variedade de operações são freqüentemente usadas ou consideradas além das operações básicas. A Figura 1 é um diagrama genérico de fluxo do tratamento de águas servidas municipais que cita estas operações. Este diagrama é uma simplificação e não mostra todos os passos ou fluxos de materiais (por exemplo, a adição de químicos de tratamento, aeração, lodo de retorno ou extração de metano).



Nota: O diagrama de fluxo divide-se em ramos que indicam passos alternativos ou opcionais.
Fonte: *CTC*

Figura 1. Diagrama de Fluxo Genérico para Tratamento de Águas Servidas Municipais

Um conjunto de matrizes foi desenvolvido, em vez de uma simples matriz, para comparar as tecnologias de tratamento de águas servidas. A razão para isso é que algumas operações não são comparáveis porque visam a desempenhar funções diferentes. Por exemplo, as tecnologias de desinfecção não são comparáveis às tecnologias de sedimentação. As matrizes apresentam tecnologias comparáveis e, em alguns casos, serão agrupadas por tipo. Por exemplo, as diferentes tecnologias de tratamento biológico anaeróbico podem ser comparadas e, dentro de métodos

específicos, como no processo de lodo ativado, diversas variações estão disponíveis para comparação. Foram obtidas informações relevantes sobre as vantagens e desvantagens relativas às opções tecnológicas. Os parâmetros pertinentes incluídos em cada matriz variam de acordo com a operação que estiver sendo descrita. Em alguns casos, dados quantitativos estão disponíveis, em outros casos, apenas dados semi-quantitativos ou qualitativos estão disponíveis. Com freqüência, o custo e o desempenho dependerão do local específico ou dos fatores de desenho que não podem ser generalizados.

Várias suposições definem os parâmetros do estudo. Supõe-se que águas servidas tóxicas ou refratárias que contêm metais, solventes orgânicos e outros materiais deletérios às operações de usinas convencionais de tratamento de águas servidas municipais sejam adequadamente tratadas, em uma etapa prévia, pelas indústrias que as geram. Portanto, tecnologias para o tratamento de tais efluentes não estão sendo examinadas. Supõe-se que a infra-estrutura de canalização de águas servidas esteja instalada e que, além disso, a drenagem de águas pluviais não entre no sistema de esgotos sanitários. Dessa forma, as tecnologias para a coleta de esgoto não estão sendo consideradas. Supõe-se que municipalidades com níveis populacionais com dezenas de milhares de habitantes ou mais serão os principais usuários deste documento. Pequenos sistemas de tratamento de águas servidas e de tanques sépticos não estão sendo analisados. Por fim, a tarefa concentra-se nos processos disponíveis em vez das tecnologias que estão na fase de pesquisa e desenvolvimento.

3.0 TECNOLOGIAS DE TRATAMENTO DE ÁGUAS SERVIDAS MUNICIPAIS

Descrições de elementos de matriz das tecnologias de tratamento de águas servidas municipais são apresentadas nos capítulos a seguir.

3.1 Tecnologia de Tratamento Físico

A tecnologias de tratamento físico são usadas em vários estágios do tratamento de águas servidas municipais. Tipicamente, peneiras, câmaras de areia e trituração (fragmentação) são os primeiros passos no tratamento de águas servidas. A sedimentação, algumas vezes suplementada por flutuação, é usada para remover as partículas suspensas no tratamento primário. A aeração pode fazer parte integral do tratamento biológico aeróbico. A sedimentação, a filtragem, a flutuação e outros métodos físicos podem também ser usados para clarificar os efluentes resultantes do tratamento biológico de águas servidas. Diversas tecnologias de tratamentos físicos são usadas para engrossar ou remover a água do lodo (e são descritas na seção 3.6.1). Finalmente, a filtragem ou adsorção pode ser empregada como tratamento avançado a fim de obter água de muito boa qualidade para descarga final.

Os parágrafos abaixo descrevem cada uma das tecnologias físicas de tratamento de águas servidas e do lodo. As descrições também indicam os fatores que podem ser importantes considerar na seleção e projeto das instalações de tratamento de águas servidas. As considerações de custos são também fornecidas, quando disponíveis.

As tabelas 2 a 5 apresentam parâmetros de desenhos e desempenho mais específicos dos tipos de tecnologia selecionados. Os dados sobre atributos descrevendo fluxo de águas servidas, tratamento, equipamento e custos são também fornecidos. Cada atributo é definido no Apêndice E.

A tabela 2 apresenta informações pormenorizadas sobre as tecnologias de separação e a trituração/fragmentação. As tabelas 3, 4 e 5 apresentam dados sobre remoção de areia, clarificação/sedimentação e tecnologias de flutuação. Informações subjetivas são também fornecidas para alguns parâmetros, onde (+++) é a nota mais favorável, (++) é intermediária e (+) é a nota menos favorável para o atributo específico. Inclui-se a justificativa para as notas subjetivas.

3.1.1 Adsorção

A adsorção é uma técnica comumente usada para a remoção de químicos orgânicos por meio de adesão física de químicos à superfície de um sólido. Um adsorvente comum é o carbono ativado granular (CAG), que é muito poroso. Num sistema típico de CAG a água contaminada entra no topo de um vaso parcialmente cheio de adsorvente. A água escorre por meio do CAG e é liberada no fundo. O filtro eventualmente fica entupido com contaminantes adsorvidos e precisa ser substituído ou regenerado. A regeneração pode ser um processo caro e que, por exigir grande quantidade de energia, é geralmente realizado num local remoto. Os filtros de carbono que não puderem ser regenerados em virtude da sua composição de contaminantes devem ser cuidados adequadamente para despejo (Masters 1991, pp. 253-254).

3.1.2 Aeração

A aeração pode ser uma parte integral de outros sistemas de tratamento tais como o tratamento biológico de lodo ativado. No sistema de lodo ativado, um tanque de aeração recebe uma combinação de efluentes e uma massa de organismos biológicos reciclados (lodo ativado). O ar ou oxigênio é bombeado no tanque e a mistura é mantida completamente agitada. Depois de 6 a 8 horas de agitação, a água servida flui para um tanque secundário onde se deixa que os sólidos se assentem. Controle cuidadoso da procura de oxigênio - por meio do desenho do sistema, das operações e da manutenção - é necessário para o tratamento apropriado. Mediante o uso da aeração, um sistema de lodo ativado pode requerer um lote muito menor de terra do que os sistemas alternativos de filtragem por gotejamento, com resultado equivalente. O sistema de lodo ativado aerado também tem certos benefícios de custo, desempenho e estéticos em comparação com os filtros de gotejamento (ver seção 3.3 para uma discussão das opções de tratamento biológico). Contudo, eles requerem mais energia para bombas e sopradores e têm custos operacionais mais altos (Masters 1991, pp. 245-247).

3.1.3 Clarificação/Sedimentação

A clarificação é a remoção física dos sólidos suspensos da água. Geralmente a sedimentação (também chamada assentamento) é usada para proporcionar tratamento primário de águas servidas bem como para remover os sólidos suspensos depois do tratamento secundário (biológico). É possível clarificar a água usando filtragem em meios múltiplos (ver seção 3.1.8) ou, para obter água de muito boa qualidade, pode-se usar a microfiltragem, (ver seção 3.1.7). A floculação (ver seção 3.1.6.) e a

flutuação (ver seçãoo 3.1.5) podem ser usadas para ajudar a clarificação da água.

O clarificador (também conhecido como tanque de assentamento ou bacia de sedimentação) é basicamente um tanque grande circular, quadrado ou retangular em que a velocidade de fluxo é reduzida o suficiente para permitir que a maior parte dos sólidos suspensos se assente por meio da gravidade. Tipicamente, os períodos de detenção oscilam entre 1 e 10 horas. Um período mais longo de detenção melhora o desempenho mas requer um tanque maior e mais caro. Os períodos de detenção de 2 a 3 horas podem remover de 50% a 65% dos sólidos suspensos e de 25% a 40% da Demanda Biológica de Oxigênio (DBO) no tratamento primário, ao mesmo tempo em que geram 2500 a 3500 litros de lodo por um milhão de litros de água servida tratada. Os clarificadores também podem ser usados para assentar materiais depois do tratamento secundário (biológico). Raspadeiras semelhantes a arados empurram os sólidos assentados para uma fossa ou um depósito a fim de que sejam aspirados do fundo do tanque. A graxa e a escuma que flutuam na parte superior do tanque são removidas por escumadeiras. Nos casos em que só se faz tratamento primário (ou seja, não ocorre tratamento biológico ou secundário), o efluente do clarificador é clorado para destruir as bactérias e ajudar a controlar os odores (Masters 1991, p. 243 e Outwater, p. 10).

Considerações sobre o Desenho do Clarificador Primário: O montante e a natureza dos sólidos suspensos no efluente primário podem afetar bastante o desempenho e o rendimento de sólidos dos processos duais. Meios de filtros de rocha tendem a reduzir os efeitos dos sólidos suspensos no topo do efluente primário (Water Environment Federation and American Society of Civil Engineers, 1991).

A Geometria do Tanque - Clarificadores Primários e Secundários: Os tanques circulares são geralmente usados para usinas em não há restrições de terreno; o desempenho é bom com equipamento mecânico relativamente simples. Tanques quadrados com mecanismos no centro requerem vassouras nas esquinas nos braços dos rastelos e medidas mais complexas para a remoção de escuma do que os requeridos pelos tanques circulares. Dessa forma os tanques quadrados (e retangulares) requerem mais manutenção para proporcionarem um desempenho aceitável. O uso de construção de parede comum para tanques quadrados e retangulares minimiza as necessidades de espaço e proporcionam uma oportunidade para reduzir os custos de construção. Formas hexagonais são um compromisso possível (Water Environment Federation and American Society of Civil Engineers, 1991).

A Geometria e Profundidade dos Tanques para os Clarificadores Secundários: Formas comuns incluem a retangular, quadrada e circular. Com cargas hidráulicas médias a altas, não há diferença observável no desempenho de clarificadores secundários de formas diferentes. Uma maior profundidade, contudo, geralmente melhora o desempenho na remoção total de sólidos suspensos e na concentração de lodo ativado reciclado. O custo de construção aumenta com a profundidade. A maior parte das empresas de consultoria dos EUA usam profundidades de 4 a 5 m. Uma taxa de correção de transbordamento de 0,17 m/h para cada 0,3 m de profundidade menor do que o valor mínimo tabulado tem sido sugerida (Water Environment Federation and American Society of Civil Engineers, 1991).

3.1.4 Trituração/Fragmentação

O triturador é um dispositivo usado para triturar ítens grandes geralmente deixados nas peneiras. Um triturador pode fragmentar materiais granulados em partes suficientemente pequenas para serem deixadas no fluxo das águas servidas (Masters 1991, p. 243).

A fragmentação é um método de tratamento da escuma coletada porque freqüentemente contém outros materiais flutuáveis tais como plásticos (i.e., aplicadores de tampão). A escuma e miscelâneas flutuáveis são geralmente mandados para o digeridor para serem co-processados com o lodo. A fragmentação da escuma e do lodo reduz o tamanho das partículas para um ponto em que os flutuáveis não são mais reconhecidos. A fragmentação também facilita a mistura durante o processo de digestão que pode ampliar a destruição de graxa e a produção de gases. Uma fragmentação de lodo de dois estágios pode ser necessária porque alguns flutuáveis tais como aplicadores de tampão podem ser difíceis de fragmentar em virtude de seu formato (Outwater 1994, pp. 43, 46-49).

3.1.5 Flutuação

Os três processos mais comuns de flutuação são descritos a seguir:

1. Flutuação de ar dissolvido (FAD): Isso ocorre quando o ar é injetado enquanto a água servida está sob pressão. Bolhas finas são liberadas quando a pressão é reduzida no tanque de flutuação.
2. Flutuação de ar: Isso ocorre por meio da aeração, tipicamente por um difusor, à pressão atmosférica.
3. Flutuação a vácuo: Isso ocorre quando a água servida está saturada com ar antes da aplicação de um vácuo (Corbitt 1989, p. 6.96).

A FAD é o método usado mais comumente. Na FAD, bolhas finas de gás aderem aos sólidos suspensos fazendo com que eles flutuem para a superfície para a coleta e remoção. A FAD ocorre quando o ar é injetado enquanto a água servida está sob pressão. Bolhas finas são liberadas quando a pressão é reduzida no tanque de flutuação. A FAD é eficaz para a remoção de uma grande variedade de sólidos mas todos os métodos de flutuação têm custos operacionais de energia mais altos (Corbitt 1989, 6.96). Entretanto, a FAD pode, às vezes, reduzir custos devido ao tamanho compacto relativo ao assentamento por gravidade convencional. A FAD pode gerar lodos mais ativos e mais grossos do que se geram na sedimentação por gravidade. A maior consistência do lodo resulta num volume menor de lodo que reduz os custos com manejo e eliminação do lodo. O lodo mais ativo e mais grosso resultado da FAD em clarificação secundária pode permitir que a unidade de tratamento biológico seja menor. Desta maneira, a redução de custos com o sistema pode ser maior. Algumas unidades de FAD podem demandar operadores mais capacitados do que os sistemas alternativos de assentamento por gravidade. Unidades autômatas de FAD, no entanto, podem demandar apenas atenção modesta de operadores.

3.1.6 Floculação

A floculação é geralmente realizada após a coagulação. O tanque de floculação proporciona agitação suave por aproximadamente meia hora. Nesse período, o coagulante precipitador (i.e., alume, ou outros precipitadores se for usado $FeCl_3$, $FeSO_4$, etc.) atrai partículas coloidais formando um floco visível diretamente. A mistura no tanque de floculação deve ser feita muito cuidadosamente. Deve ser suficiente para estimular as partículas a fazerem contato umas com as outras, permitindo que o floco cresça em tamanho, mas não tão vigorosamente a ponto de fazer com que as partículas de floco frágeis se arrebentem. A mistura também ajuda a impedir que o floco assente no tanque em vez de no tanque de sedimentação que se segue (Masters 1991, pp. 230-231).

3.1.7 Microfiltragem

A microfiltragem usa membranas com tamanhos de poros de um micrômetro ou menos para separar partículas finas da água. A microfiltragem clarifica a água e outros fluídos capturando matéria suspensa e microorganismos da superfície ou dentro de um filtro à medida que substâncias dissolvidas e água passam (Pontius 1990, p. 711).

3.1.8 Filtragem em Meios Múltiplos

A filtragem é usada para: 1) remover sólidos suspensos como um pré-tratamento para sólidos meio suspensos em águas servidas, ou 2) seguindo-se à coagulação em tratamento químico-físico, ou 3) como um tratamento terciário seguindo-se ao processo de tratamento biológico de águas servidas. A eficiência da filtragem é uma função de 1) concentração e características dos sólidos em suspensão, 2) as características do meio de filtragem, e 3) o método de operação do filtro. O tamanho do meio é um fator importante no desenho do filtro. Em filtros de meios duais, o tamanho é selecionado a fim de permitir a remoção de 75% a 90% dos sólidos suspensos através de 0,46 a 0,6 metro de profundidade de meio. A tabela 1 mostra as opções de meio de filtragem.

Tabela 1. Tipos de Meio de Filtro, Materiais, Tamanhos e Profundidades

Tipo	Material	Tamanho(mm)	Profundidade (cm)
Meio único:			
a. Fino	Areia	0,35 to 0,60	25 to 50
b. Grosso	Carvão antracito	1,3 to 1,7	91 to 152
Dual	Areia,	0,45 to 0,6	25 to 30
	Carvão antracito	1,0 to 1,1	51 to 76
Meio múltiplo	Granada*,	0,25 to 0,4	5 to 10
	Areia,	0,45 to 0,55	20 to 30
	Carvão antracito	1,0 to 1,1	46 to 61

* podem ser usados outros materiais

As operações com filtros de meio grosso geralmente têm cursos mais longos e a capacidade de responder a perturbações na usina. Os sistemas de meios duais e múltiplos têm sido usados tradicionalmente em aplicações de água potável e podem também ser usados no tratamento terciário de águas servidas. A taxa ótima de filtragem é conseguida quando a taxa de filtragem resulta num volume máximo de líquido filtrado por unidade de área de filtro, ao mesmo tempo em que se consegue uma qualidade aceitável de efluente. Uma taxa maior de filtragem permite que os sólidos penetrem nos meios grossos e se acumulem sobre os meios finos, causando saturação prematura da meia fina. Uma taxa baixa de filtragem é insuficiente para conseguir boa penetração de sólidos no meio grosso. A taxa de filtragem também influirá sobre a qualidade do efluente dependendo da natureza das partículas que estão sendo removidas.

Uma melhor remoção de sólidos suspensos é possível acrescentando coagulantes à água servida antes da filtragem. O uso de alume também produz precipitação e remoção de fósforo através do filtro. A floculação não é necessária uma vez que o filtro serve como floculador. A mistura

efetiva é necessária para dispersar os químicos para qualquer dos dois processos. Uma vez que os sólidos suspensos são removidos por meio de filtragem em vez de sedimentação, em muitos casos são necessários de 25% a 50% menos de químicos. Para a maioria das aplicações, se utiliza uma concentração de alimentação máxima de 100 mg/l de sólidos suspensos (Eckenfelder 1989, pp. 381-385).

3.1.9 Peneiragem

A peneiragem remove os objetos flutuantes grandes tais como trapos, gravetos e outros objetos que poderiam danificar as bombas ou entupir os canos pequenos. Os desenhos de peneiras variam mas tipicamente consistem em barras de aço paralelas espaçadas de 2 a 7 cm de distância, talvez seguidas por uma tela de arame com aberturas menores (Masters 1991, p. 243).

A peneiragem de lodo e de escuma pode remover efetivamente a maior parte dos plásticos do fluxo de detritos. A peneiragem separa as partículas em função do tamanho da abertura da malha. Aberturas menores coletam mais material, mas requerem mais limpeza. As lavagens de alta temperatura podem ser necessárias para limpar de maneira eficiente as telas. Entretanto, a alta temperatura pode causar a liberação de compostos orgânicos e inorgânicos voláteis e odoríferos (Outwater 1994, p. 49).

Tabela 2. Atributos das Tecnologias de Peneiragem e Fragmentação/Trituração

Categoria do Atributo	Categoria Tecnológica: Atributo	Peneiragem: Ralo de Lixo	Peneiragem: Mecânica	Peneiragem: Contínuo	Peneiragem: Grossa/Barra	Peneiragem: Micromeio/ Meio Fino	Fragmentação /Trituração
Fluxo	Velocidade de Aproximação (m/s)	> 0,38[33]	0,60-1,2[18]	0,60-1,2[18]	0,60-1,2[1]		
	Taxa de Transbordamento (m^3/dia/m^2)	NA	NA	NA	NA	295-585[2]	
Composição do Influente	Largura do Meio (mm)	38-150[18]	6-38[18]	6-38[18]	12-40[14]	1-6[27]	NA
	Comprimento do Corte (mm)	NA	NA	NA	NA	NA	6-19[28]
Tratamento	Taxa de Remoção de DBO (%, média)	NA	NA[5]			15-30[27]	
	Taxa de Remoção deTSS (%, média)		5-20[5]			15-30[27]	
	Produtos Derivados	Peneirados	Peneirados	Peneirados	Peneirados	Peneirados	Resíduos sólidos
Estimativa de Custos (tamanho presumido da usina de 37,854 m^3/dia ou 10 mgd)	Capital (milhares de US$/ano ou baixo, médio, alto)				100[9]	500-900[15,16,26]	60-90[15,16,17]
	O&M (milhare de US$/ano ou baixa, média, alta)		40[9]				
	Energia[35] (milhares de US$/ano ou baixa, média, alta)				0.9[9]		

Notas: NA = Não se Aplica

TSS = Total de Sólidos Suspensos
DBO = Demanda Biológica de Oxigênio
SS = Sólidos Suspensos
O&M = Operação e Manutenção

Custos Presumidos com Energia (a partir da referência 9 para todas as tabelas): Eletricidade = $0.02/kWh

Óleo combustível $0.37/gal
Gasolina = $0.60/gal

Referências:

1. Corbitt, pg. 6.75
2. Corbitt, pg. 6.78
3. Corbitt, pg. 6.79
4. Pontius, pp. 446-448
5. Hicks, pg. 11.27
6. Tchobanoglous, pg. 473
7. Corbitt, pg. 6.89
8. Corbitt, pg. 6.97
9. Qasim, pg. 662
10. Qasim, pg. 664
11. Qasim, pg. 243
13. Hammer, pp. 390, 393,394
14. Mays, pg. 20.21
15. Peters & Timmerhaus, pg. 163
16. Grogan/ENR, pg. 152
17. Huang, pg. 3-104
18. WEF and ASCE, pg. 391
19. WEF and ASCE, pg. 142, 450-454
20. WEF and ASCE, pg. 412-415
21. Corbitt, pp. 6.81, 6.83
22. WEF and ASCE, pg. 418
23. WEF and ASCE, pg. 421
25. WEF and ASCE, pg. 418-422
26. WEF and ASCE, pg. 459
27. WEF and ASCE, pg. 498
28. WEF and ASCE, pg. 398
29. GLUMRB, pg. 60-1 to 60-2
30. GLUMRB, “separate stage nitrification,” pg. 60-2
31. GLUMRB, “extended aeration,” pg. 60-2
32. GLUMRB, “conventional, step aeration, contact stabilization, and carbonaceous stage of separate stage nitrification,” pg. 60-2
33. GLUMRB, pg. 50-1
34. Rittman
35. Qasim, pg. 656

12. Qasim, pg. 257

24. WEF and ASCE, pg. 422

36. Informações de um fornecedor de sistemas de flutuação

Tabela 3. Atributos das Tecnologias de Remoção de Areia

	Categoria Tecnológica:	Remoção de Areia				Notas Relativas e Justificativas							
						Gravidade [25]		Vórtice [25]		Horizontal [25]		Aerado [20]	
Categoria do Atributo	**Atributo**	**Câmara de Gravidade**	**Sistema de Vórtice**	**Fluxo Horizontal**	**Câmara Aerada**	**Nota**	**Justificativa**	**Nota**	**Justificativa**	**Nota**	**Justificativa**	**Nota**	**Justificativa**
Fluxo	Período de Detenção (min.)	1[3]	0,6-0,9[22]	0,25-1,5[24]	2-5[11]								
	Manejo de Variabilidades		Altamente eficaz[20]	Menos eficaz[23]	Altamente eficaz [20]	+++	• Não é necessário controle de fluxo	+++	• eficaz para ampla variação de fluxos	+	• difícil de manter velocidade com ampla gama de fluxos	+++	• ampla gama de fluxos
	Velocidade de Aproximação (m/s)	0,3[3]	0,6-0,9[22]	0,15-0.4[24]	0,6[20]								
Tratamento	Taxa de Remoção de DBO (%, média)	Pequena[12]	pequena[12]	pequena[12]	Pequena[12]								
	Taxa de Remoção de TSS (%, média)	pequena[12]	≤ 73 de SS finos[22]	pequena[12]	Pequena[12]								
	Produtos Derivados	lodo	Lodo	Lodo	Lodo								
Equipamento	Facilidade de Operação		Médio[22]	difícil[23]	médio[20]	++	• supõe-se simples, mas requer algumas partes mecânicas	++	• desenho patenteado	+++	• supõe-se não complicado • boa história de uso	++	• supõe-se com base em familiaridade com sistemas aerados
	Exigências de Espaço	Espaço médio a grande[3]	Pouco espaço[22]			+	• tanques relativamente grandes	+++	• requer um mínimo de espaço • diâmetro de 42”	++	• Profundidade max. de 1,5m x comp max. de 25m	+	• Prof. max. de 5m x largura max. de 25 x comp max. de 125m
	Confiabilidade		Confiança média[22]	Confiança média[22]	Confiança média[22]	+++	• suportes e partes móveis ficam acima da linha da água	+++	• Não há partes ou suportes submersos que requeiram manutenção	+	• Desgaste excessivo na correia e outros equipamentos	++	• observou-se alguma falha de desenpenho
	Robustez/ Eficiência		Robustez média[22]	Robustez baixa a média[23]		++	• depende da área • defletores de entrada não podem controlar o fluxo	++	• remove areia fina	+++	• flexibilidade para alterar o desempenho é possível	+++	• adapta-se a diferentes condições de campo
Estimativa de Custos (tamanho da usina presumido de 37,854 m^3/dia ou 10 mgd)	Capital (mil. US$/ano ou baixo, médio, alto)		Custo baixo a médio[22]	Custo médio[23]	Custo médio a alto[20]	++	• presumido	+++	• espaço pequeno e reduz custos de construção	+++	• não requer construção especial	+ - ++	• referência 20
	O&M (mil. US$/ano ou baixo, médio, alto)		Custo baixo[22]	Custo alto[23]	Custo médio a alto[20]	+++	• veja confiabilidade	+++	• veja confiabilidade e energia	++	• a areia é removida manualmente	+ - ++	• requer mão de obra adicional • referência 20
	Energia [35] (mil. US$/ano ou baixo, médio, alto)		Custo baixo a médio[22]		Custo alto[20]	++	• supõe-se que haja exigências de energia para rastelo de lodo	+++	• eficiente em termos de energia	+++	• não requer equipamentos grandes	+	• consumo de energia é mais alto • referência 20

Notas: NA = Não se Aplica
TSS = Total de Sólidos Suspensos
DBO = Demanda Biológica de Oxigênio

Notas Relativas: +++ é melhor que ++ que é melhor que +
O&M = Operação e Manutenção
SS = Sólidos Suspensos

Tabela 4. Atributos dos Desenhos e das Tecnologias Primárias e Secundárias da Clarificação/Sedimentação

	Categoria Tecnológica:	Sedimentação/Clarificação				Notas Subjetivas e Justificativas para a Geometria do Desenho					
						Retangular/ Circular [19]		Circular [19]		Sobreposto [19]	
Categoria do Atributo	**Atributo**	**Primária [A,13,21] (Sed.Classe II)**	**Intermediária[B,13] (Sed. Classe II)**	**Final [C,13] (Sed.Classe II)**	**Final [D,13,21] (Sed. Classe III)**	**Nota**	**Justificativa**	**Nota**	**Justificativa**	**Nota**	**Justificativa**
Fluxo	Período de Detenção (min.)	1,5-2,5[6]									
	Manejo de Variabilidades					++	• variações de fluxo são um problema significativo • extremamente relacionado com o desenho	++	• variações de fluxo são um problema significativo • extremamente relacionado com o desenho	++	• variações de fluxo são um problema significativo • extremamente relacionado com o desenho
	Velocidade de Aproximação (m/s)	0,020-0,025[26]									
	Taxa de Transbordamento (m^3/dia/m^2)	24-61[7,29]	24-61[7,29]	24-49[7,29]	8-33[7,30] 8-41[7,31] 8-49[7,32]						
Composição do Influente	Taxa de Carga de SS (kg/m^2/h)				1-5 (prol.) 3-6 (conv.)[34]						
Tratamento	Taxa de Remoção de DBO (%, média)	25-40[6] 30-35[29]									
	Taxa de remoção de TSS (%, média)	50-70[6]									
	Produtos Derivados	lodo	lodo	lodo	lodo						
Equipamento	Facilidade de Operação					+++	• requerimentos mecânicos simples	+++	• requerimentos mecânicos simples	+++	• requerimentos mecânicos simples
	Exigências de Espaço					++	• comprimento = 15-90m; largura = 3-24m • construção de parede comum vantajoso para espaços pequenos	+	• diâmetro: 3-90m • usado quando não há restrição no tamanho da terra	+++	• para áreas onde o espaço de terra é limitado
	Confiabilidade	Confiabilidade alta				++	• presumido	+++	• usa equipamento de remoção de lodo livre de problemas	+++	• usado com sucesso há mais de 20 anos no Japão
	Robustez					+++	• eficiência de remoção é melhor que desenho circular	++	• menor eficiência de remoção que desenho retangular	++	• presumido
Estimativa de Custos (tamanho usina) de 37,854 m^3/dia ou 10 mgd)	Capital (milhares de US$/ano ou baixo, médio, alto)	520[10]				++ - +++	• se for usada construção de parede comum	+++	• paredes mais finas e menos caras que tanques retangulares	+++	• pouca exigência de espaço • baixo custo de construção
	O&M (milhares de US$/ano ou baixo, médio, alto)	45[10]				+++	• menos partes ocultas submersas	++	• vedadores próximos ao fundo do clarificador requer manutenção	+	• manutenção de níveis subjacentes é difícil • possui espaços restritos
	Energia [35] (milhares de US$/ano ou baixo, médio, alto)	2[10]									

Notas: NA = Não se Aplica
TSS = Total de Sólidos Suspensos
SS = Sólidos Suspensos
DO = Demanda Biológica de Oxigênio
O&M = Operação e Manutenção
Sed. = Sedimentação

Notas Relativas: +++ é melhor que ++ que é melhor que +

presumido: quando não há informação disponível, ++ nota presumida
prol. = precedido por tratamento de lodo ativado prolongado
conv. = precedido por tratamento de lodo ativado convencional

A = Bacia de sedimentação recebe água servida não-tratada antes de tratamento biológico. A sedimentação de Classe II é comum para este influente.
B = Tanque de sedimentação entre dois processos biológicos de película fixa (i.e., filtros de gotejamento), ou entre um processo de película fixa e aeração biológica subsequente. Sedimentação de Classe II é presumida.
C = Tanque de sedimentação após filtro biológico de película fixa. Sedimentação de Classe II é presumida
D = Tanque de sedimentação após processo de lodo ativado. Sedimentação de Classe III é caracterizada por altas concentrações de SS.

Tabela 5. Características e Notas Relativas de Tecnologias de Tratamento Físico de Lodo e Água Servida - Flutuação

	Categoria Tecnológica	Flutuação		Notas Subjetivas e Justificativas			
				Ar Dissolvido		Vácuo	
Categorias de Atributo	**Atributo**	**Ar Dissolvido**	**Vácuo**	**Nota**	**Justificativa**	**Nota**	**Justificativa**
Fluxo	Período de Detenção (min..)	0,5-3[8]					
	Taxa de Transbordamento (m^3/dia/m^2)	20-325[8]	200-400[8]				
Composição do Influente	Taxa de Carga de SS (kg/m^2/h)	5[34]	5[34]				
Tratamento	Taxa de Remoção de TSS (%, médio)	> 97[34]	> 97[34]				
	Produtos Derivados	lodo	lodo				
Equipamento	Facilidade de Operação			+++	• Início e operação liga-desliga fácil e rápido[4]	+++	• Início e operação liga-desliga fácil e rápido[4]
	Exigências de Espaço			+++	• Processo compacto[4]	+++	• Processo compacto[4]
	Robustez			++	• Geralmente responde mais rápidos que clarificadores a mudanças na qualidade da água de entrada[4]	= - ++	• Menos eficaz que FAD na remoção de uma ampla gama de SS[8]
Estimativa de Custos (tamanho da usina presumido de 37,854 m^3/dia ou 10 mgd)	Capital (milhares de US$/ano ou baixo, médio, alto)			+ - ++	• Custos mais baixos que o vácuo[8]	++	• Custo alto comparado com o FAD[8] mas mais baixo que clarificadores retangulares e circulares[4]
	O&M (milhares de US$/ano ou baixo, médio, alto)			+ - ++	• Custos de O&M mais baixos que vácuo, mas mais altos que assentamento por gravidade[8]	+	• Custo alto de O&M comparado com FAD[8]; aproximadamente o mesmo custo que clarificadores rect. e circulares[4]
	Energia [35] (milhares de US$/ano ou baixo, médio, alto)			+ - ++	• Requer menos energia que vácuo, mas mais energia que assentamento por gravidade[8]; entretanto flutuação pode reduzir a energia necessária para o manejo do lodo (veja texto sec.4.1.5)	+	• Todos os sistemas de flutuação têm custos de energia e químicos mais altos que sistemas de assentamento por gravidade[8]; entretanto flutuação pode reduzir a energia necessária para o manejo do lodo(veja texto sec.4.1.5)

Notas: NA = Não se Aplica
TSS = Total de Sólidos Suspensos
DBO = Demanda Biológica de Oxigênio
O&M = Operação e Manutenção
Notas Relativas: +++ é melhor que ++ que é melhor que +

Referências:

1. Corbitt, pg. 6.75
2. Corbitt, pg. 6.78
3. Corbitt, pg. 6.79
4. Pontius, pp. 446-448
5. Hicks, pg. 11.27
6. Tchobanoglous, pg. 473
7. Corbitt, pg. 6.89
8. Corbitt, pg. 6.97
9. Qasim, pg. 662
10. Qasim, pg. 664
11. Qasim, pg. 243
13. Hammer, pp. 390, 393,394
14. Mays, pg. 20.21
15. Peters & Timmerhaus, pg. 163
16. Grogan/ENR, pg. 152
17. Huang, pg. 3-104
18. WEF and ASCE, pg. 391
19. WEF and ASCE, pg. 142, 450-454
20. WEF and ASCE, pg. 412-415
21. Corbitt, pp. 6.81, 6.83
22. WEF and ASCE, pg. 418
23. WEF and ASCE, pg. 421
25. WEF and ASCE, pg. 418-422
26. WEF and ASCE, pg. 459
27. WEF and ASCE, pg. 498
28. WEF and ASCE, pg. 398
29. GLUMRB, pg. 60-1 to 60-2
30. GLUMRB, “separate stage nitrification,” pg. 60-2
31. GLUMRB, “extended aeration,” pg. 60-2
32. GLUMRB, “conventional, step aeration, contact stabilization, and carbonaceous stage of separate stage nitrification,” pg. 60-2
33. GLUMRB, pg. 50-1
34. Rittman
35. Qasim, pg. 656

12. Qasim, pg. 257

24. WEF and ASCE, pg. 422

36. Informações de um fornecedor de sistemas de flutuação

3.2 Coagulação

Os químicos coagulantes ou de floculação são adicionados à água servida para aumentar o tamanho das partículas e a densidade dos sólidos precipitados, aumentando portanto o índice de assentamento. A seleção de um coagulante depende do precipitante específico a ser assentado. O coagulante mais popular é o sulfato de alumínio (alume). Sais férricos são também comumente usados, mas são mais difíceis de manusear. A cal é também empregada para precipitar carbonato de cálcio e ortofosfato mas não é considerada um coagulante verdadeiro. As dosagens variam de 75 a 250 mg/l para o alume (pH 4,5 a 7,0), 35 a 200 mg/l para os sais férricos (pH 4,0 a 7,0) e 150 a 500 mg/l for lime (pH 9.0 to11.0). A tabela 6 apresenta as vantagens e desvantagens de alguns dos coagulantes mais comuns.

Tabela 6 Comparação de Coagulantes

Químico	Vantagens	Desvantagens
Alume	Fácil de manusear e usar; comumente usado; produz menos lodo que o cal.	Adiciona sólidos dissolvidos à água; funciona em um pH limitado, 6,8 a 7,5.
Cloreto Férrico	Ampla margem de pH, 4 a 11; ajuda na desidratação do lodo.	Adiciona sólidos dissolvidos à água.
Sulfato Férrico	Funciona em dois níveis de pH, 4 a 6 e 8,8 a 9,2	Adiciona sólidos dissolvidos à água; pode necessitar alcalização.
Sulfato Ferroso	Não é tão sensível ao pH quanto ao cal.	Adiciona sólidos dissolvidos à água; pode necessitar alcalização.
Cal	Largamente usada e eficaz; pode não adicionar sólidos dissolvidos; o lodo é facilmente desidratado.	Muito dependente do pH; produz grande quantidade de lodo; dose excessiva pode danificar a qualidade da água.
Polímero	Dose pequena; fácil de manusear e usar.	Dose incorreta pode produzir formação deficiente de floco; alto custo por unidade (US$ por kg seco).

Fonte: Robert Corbitt, Standard Handbook of Environmental Engineering (New York: McGraw-Hill, 1989).

3.3 Tratamento Biológico

O tratamento biológico de água servida remove matéria orgânics através do metabolismo ou digestão biológica, que pode ser realizado anaerobicamente (sem oxigênio) ou aerobicamento (com oxigênio). Existem vários métodos para ambos os tipos de sistemas biológicos. A digestão anaeróbica é geralmente usada para reduzir o volume de lodo ou pelo setor para tratar ou pré-tratar efluentes muito concentrados. Existem alguns sistemas que incluem elementos de tratamento tanto aeróbicos como anaeróbicos. As usinas de tratamento de águas servidas geralmente empregam os sistemas biológicos anaeróbicos para atingir o que normalmente se denominam padrões secundários de tratamento para a remoção de DBO e sólidos suspensos. Pode ser que também ocorra algum grau de remoção de nutrientes.

3.3.1 Digestão Anaeróbica

A *digestão anaeróbica* - a degradação por microorganismos sem a presença de oxigênio - é usada para decompor os dejetos que contém altos níveis de componentes orgânicos fermentáveis. É usada principalmente em tratamentos de águas servidas municipais para reduzir o volume excessivo de lodo produzido por sedimentação primária ou tratamento biológico secundário. A digestão anaeróbica pode também ser empregada, antes da digestão aeróbica, em situações em que ainda existir uma alta concentração de sólidos orgânicos ou suspensos na água servida após a sedimentação primária.

O metano, que pode ser usado como combustível para compensar os custos de energia elétrica da usina, é gerado por digestão anaeróbica. O ácido sulfídrico é produzido em pequenas quantidades assim como o hidrogênio e o monóxido de carbono.

Os digestores anaeróbicos podem tanto ser sistemas de *crescimento em suspensão* ou sistemas de *película fixa*. Em um sistema de crescimento em suspensão, os microorganismos operam em suspensão em água. Sistemas de películas fixas se baseiam em organismos aderidos a uma matriz. Os tipos principais são os seguintes:

1. Sistemas de Crescimento em Suspensão
   a) Lagoas anaeróbicas
   b) Processo de contato anaeróbico
   c) Lençol de fluxo anaeróbico ascendente

2. Sistemas de crescimento fixo
   a) Filtro de fluxo anaeróbico ascendente (com empacotamento)
   b) Filtro de fluxo anaeróbico descendente (com empacotamento)
   c) Leito fluidizado anaeróbico (com areia ou contas como meio)
3. Sistemas combinados em suspensão/de crescimento fixo.

A digestão anaeróbica é um processo de biodegradação capaz de manejar correntes de dejetos aquosos que não poderiam ser tratados de maneira eficiente por processos de biodegradação aeróbica. Entre as vantagens dos sistemas anaeróbicos em relação aos sistemas aeróbicos encontram-se:

1. Capacidade de decompor certos químicos orgânicos halogenados
2. Pequena produção de lodos de biomassa que requerem maior tratamento e eliminação
3. Custo baixo
4. Consumo menor de energia
5. Geração de gás de metano que pode ser recuperado para fins de energia.

Entretanto, pelo fato de a taxa de crescimento das bactérias anaeróbicas ser mais lento do que a das bactérias aeróbicas, os sistemas anaeróbicos podem levar mais tempo para se recuperarem de pertubações do que os sistemas aeróbicos. Entre as desvantagens dos sistemas anaeróbicos encontram-se:

1. Potencial para choque de cargas de biomassa e a interrupção da biodegradação devido a variações nas características do fluxo de dejetos.
2. Baixo rendimento devido ao processo lento de biodegadação (duas etapas são necessárias)
3. Necessidade freqüente de tratamento adicional do efluente antes da descarga fora do local de tratamento
4. Potencial de geração de odores com dejetos que contém enxofre

Uma matriz das tecnologias anaeróbica, aeróbica e de digestão híbrida é apresentada nas Tabelas 8 e 9.

3.3.2 Tratamento Biológico Aeróbico e Métodos Híbridos

A digestão aeróbica é realizada por microorganismos na presença de oxigênio. Normalmente este passo produzirá água que atenderá aos

padrões de tratamento secundário. Entre os processo de digestão aeróbica encontram-se o lodo ativado, sistemas de lagoas aeróbicas, filtros por gotejamento e contatores biológicos rotatórios. Existem muitas variações dentro destes sistemas. Existem, também, sistemas híbridos, tais como lagoas facultativas, que combinam tratamento aeróbico e anaeróbico. Juntamente com tecnologias de tratamento biológico anaeróbico, notam-se as características dos sistemas aeróbicos e híbridos nas tabelas 8 e 9.

O processo de *lodo ativado* é usado principalmente para remover matéria orgânica solúvel. Este processos - que possui muitas variáveis, algumas patenteadas - ocorrem principalmente em um reator biológico aerado. A inoculação contínua do lodo resulta da etapa de clarificação subsequente. Esta reciclagem amplia o tempo de resistência do meio de lodo, dando aos microorganismos presentes a oportunidade de se adaptar aos nutrientes disponível.

Os sistemas de lodo ativado podem tratar apenas fluxos de dejetos orgânicos aquosos, cujo conteúdo de sólidos orgânicos seja inferior a 1% e não podem suportar choques de carga de concentrados orgânicos. Deve-se também manter um pH adequado (de 6 ao 8) e suficiente para o oxigênio dissolvido (um mínimo de 1 a 2 mg/l) na bacia de aeração para se manter um sistema saudável e ativo. A temperatura ótima de funcionamento em geral varia de 25 a 32°C.

A *oxigenação pura* é uma variação do processo de lodo ativado em que se utiliza oxigênio altamente puro ao invés do ar para o tratamento aeróbico. O oxigênio pode ser fornecido por geradores in situ , com um depósito de oxigênio líquido como reserva. O tanque de aeração deve ser coberto para ajudar a eliminar odores e manter a temperatura nas épocas de frio.

Os sistemas de *digestão aeróbica termofílica autotérmica* (DATA) são, em geral, processos aeróbicos de duas etapas que funcionam sob condições de temperatura termofílicas (40° a 80°C) sem calor adicional. Os sistemas DATA podem ser usados no lugar de processos aeróbicos para efluentes de muita concentração. Os sistemas de etapas prévias também servem para digestão termofílica e são geralmente incorporados no processo de tratamento antes da digestão anaeróbica convencional.

O sistema DATA oferece uma série de benefícios: alta capacidade de desinfecção, redução de odor, poucas exigências de espaço e armazenagem e alta taxa de tratamento do lodo. É uma tecnologia relativamente simples que é fácil de operar (não é necessário monitoramento ou controle de equipamento nem pessoal em tempo integral) e econômico, principalmente para pequenas instalações. Para condições autotermofílicas, a concentração dos dejetos deve ser maior que 30.000 de demanda química

de oxigênio (COD/l), o reator deve ser insulado e coberto e é necessário um sistema de aeração relativamente eficiente (uma eficiência de transferência de aproximadamente 12%).

A tecnologia de *posso profundo* é uma forma de processo de lodo ativado. Consiste em um posso vertical de cerca de 40 a 150 m de profundidade e de 1 a 7 m de diâmetro. Sendo assim, esta tecnologia requer comparativamente menos terreno que muitas outras alternativas. A pressão da água nas áreas mais profundas fornece maiores concentrações de oxigênio dissolvido e, consequentemente, uma maior atividade biológica quando as concentrações do DBO do influente são relativamente altas.

A tecnologia de *reatores de lotes em seqüência* (RLB) é semelhante a outros processos de lodo ativado mais usados. A principal diferença é que o ciclo de tratamento de cinco etapas é realizado em tanques e em lotes. Este processo oferece enorme flexibilidade, com vantagens inerentes de desenho, processo e operações. Tem sido demonstrado que a tecnologia de RLB pode manejar fluxos e cargas maiores com melhor qualidade do efluente do que instalações de lodo ativado. Devido ao fato de que é necessário apenas um tanque, as exigências de capital e espaço são menores do que o processo de lodo ativado.

Os *filtros biológicos por gotejamento ou percolantes* são uma alternativa popular ao processo de lodo ativado. Uma película ou limo de microorganismos vive em uma aglomeração sólida que levemente preenche um recipiente projetado para permitir que o ar entre na porção inferior do leito. A atividade biológica e não a filtragem física remove os contaminantes. Filtros biológicos de regime lento em geral proporcionam efluentes mais limpos e mais altamente nitrificados que o tratamento de lodo ativado. A experiência também tem demonstrado que os filtros são menos sensíveis a choques de cargas de substâncias tóxicas que processos de lodo ativado. Entretanto, as unidade de lodo ativado são, em alguns sentidos, superiores aos filtros biológicos por gotejamento. Veja a tabela 7.

Tabela 7. Comparações entre os Processos de Filtro por Gotejamento e Lodo Ativado

Fator	Filtro por Gotejamento	Lodo Ativado
Custos de Capital	Altos	Baixos
Custos de Operação	Baixos	Altos
Exigências de Espaço	Altos	Baixos
Controle de Aeração	Parcial	Completo
Controle de Temperatura	Difícil	Completo
Sensibilidade à Variação de Alimentação	Razoavelmente insensível	Mais sensível
Recuperação de Perturbação	Lenta	Bem rápida
Claridade Final do Efluente	Boa	Não tão boa
Problemas com Odores e Moscas	Alto	Baixo

O *contator biológico rotatório* (CBR) é uma variação do reator aeróbico de película fixa, tal como um filtro por gotejamento. A película fixa no caso do CRB é preso a um tambor que roda a uma velocidade de aproximadamente 1 a 7 revoluções por minuto através da água servida. O CBR requer apenas 10% de superfície de terreno em comparação com o filtro por gotejamento. O CBR oferece boa resistência a mudanças repentinas nas condições de operação e tem uma série de vantagens em relação a outros tipos de processos de tratamento biológico, que incluem simplicidade operacional, baixas exigências de energia e alta eficiência de tratamento (embora nem tanto quanto processos convencionais de tratamento de lodo). Os sistemas CBR podem utilizar tanto a modalidade de fluxo contínuo como em lotes e tanto de maneira aeróbica como anaeróbica com eficiência controlado pelo período de retenção hidráulica e a velocidade de rotação dos discos.

A *torre biológica* é semelhante ao filtro por gotejamento, exceto que se utiliza um meio plástico como matriz de crescimento microbiano. A altura (até 12 m) e superfície de área específica da torre biológica permite o uso mais eficiente do terreno. Em comparação com lagoas aeradas, as torres biológicas consomem menos energia e ocupam menos superfície de terreno ao mesmo tempo que aumentam em mais que o dobro a transferência de oxigênio em reações de tratamento aeróbico. As torres manejam concentrações de COD entre 1 e 12 g/l.

As l*agoas de estabilização facultativas (aeróbicas-anaeróbicas)* estabilizam os dejetos através de uma combinação de bactérias aeróbicas, anaeróbicas e facultativas. A lagoa facultativa é fácil de operar e manter. Entretanto, é necessário uma grande área para manter as cargas de demanda bioquímica de oxigênio (DBO_5) da lagoa numa quantidade

adequada. A capacidade de tratamento da lagoa facultativa de água servida não tratada geralmente não é maior do que a do tratamento secundário. Devido à possibilidade da geração de odores, as lagoas devem ser localizadas longe de áreas residenciais ou qualquer área com possibilidade de ser povoada (a uma distância mínima de 0.4 km). Deve-se levar em conta também os aspectos específicos do local, tais como topografia, direção dos ventos, uso da terra.

Lagoas aeradas são muitas vezes modificações de lagoas facultativas transbordantes que necessitam de aeração para fornecer oxigênio adicional para o rendimento adequado de tratamento.

As *lagoas de estabilização de baixa velocidade e maturação terciária* são elaboradas para fornecer a clarificação e nitrificação sazonal de efluentes resultantes de tratamento secundário. Os mecanismos biológicos usados são semelhantes aos de outros processos de crescimento em suspensão. É necessário um período mínimo de detenção de 18 a 20 dias para digerir completamente os sólidos residuais. Estes método só é adequado para cargas com baixa concentração de sólidos.

Nos *sistemas aquáticos*, as águas servidas são tratadas através do metabolismo bacteriano e da sedimentação física como ocorre nos sistemas convencionais de filtro por gotejamento. As plantas aquáticas em si fornecem pouco tratamento para águas servidas (embora existam alguns sistemas em que químicos poluentes podem ser absorvidos pela planta). Na verdade, elas são um componente do ambiente aquático que melhora a capacidade de tratamento da água servida e/ou a confiabilidade deste mesmo ambiente.

Os sistemas de plantas aquáticas podem ser elaboradas e utilizadas para realizar uma série de tarefas de tratamento de águas servidas, seu desenho e funcionamento, entretanto, não são sempre simples. Os sistemas de jacintos são susceptíveis a temperaturas frias e podem ser afetadas por métodos biológicos introduzidos para controlar o crescimento das plantas no seu ambiente natural. Os mosquitos também podem ser uma consideração importante no desenho e operação de sistemas de plantas aquáticas. Finalmente, embora os sistemas de jacintos aquáticos possam ser úteis para remoção de nutrientes, a capacidade de tratamento e a confiabilidade dos efluentes de valor muito baixos são limitadas.

Tabela 8. Matriz de Tratamento Biológico de Águas Servidas

		Lodo Ativado					Crescimento Biológico Aderente				Lagoas Aeróbicas			Sistemas de Plantas Aquáticas (Hyacinth)	
Categoria	**Atributo**	Convencional	Oxigenação Pura	Aeração Prolongada	Poço Profundo	Reator de Lotes em Seqüência	Baixa taxa de gotejamento	Alta taxa de gotejamento	Torre biológica	Bio-Contator Rotatório	Aeróbicas (Terciárias)	Facultativas	Aeradas	Não-Aeradas	Aeradas
Fluxo	Capacidade (Período de Detenção)	4-8 h[6]	2-4 h[6]	18-36 h[6] 18-24 h [10]	0,4-6,2 h [12]	2-4 h	1-4 $m^3/d/m^2$ [6]	8-41 $m^3/d/m^2$ [6]	28-122 $m^3/d/m^2$ [6]	0,03-0,08 $m^3/d/m^2$ [6]	5-20 d [6]	30-180 d [6] 20-180 d [10]	5-20 d [6] 3-20 d [10]	10-36 d [7]	4-8 d [7]
	Efeito da variabilidade	++	++	+++	+++	++++	+++	+++	++	+++	+++	+++	+++	+++	++
	Facilidade de expansão	++	++	++	+	++	++	++	++	+++	+++	+++	+++	+++	+++
Composição do Influente	Limites do influente (Kg DBO_5/m^3*d)	0,4-0,8 [6]	0,8-2,4 [6]	0,15-0,25 [6]	0,1-2,0 [12]	Depende do Processo	0,1-0,4 [6]	0,4-1,6 [6]	1,6-8 [6]	1,6-8 [6]	0,03-0,06 [6]	0,003-0,008 [6]	0,001-0,008 [6]	0,0006-0,001 [7]	0,002-0,004 [7]
	Efeito de variabilidade	++[3]	++	++	++	++++	+++	+++	+++	+++	+++	+++	+++	+++	+++
	Efeito de características	Microorganismos aeróbicos são afetados pelo pH, oxigênio dissolvido, sólidos suspensos, razão alimento/microorganismo e temperatura. [6]												Circunstâncias da Natureza [7]	
Tratamento	Remoção de DBO_5 Solúvel	80-95% [5] 85-95% [11]	80-95% [5]	80-95% [5] 90-98% [11]	86-98% [12]	80-95% [5]	80-90% [6] 70-90% [11]	65-85% [6] 75-95% [11]	40-70% [6]	80-90% [6]	80-95% [6]	75-95% [6]	80-85% [6] 80-95% [10]	56-97% [9]	85-92% [7]
	Remoção de Nutrientes											10-50%[10] P	10-20%[10] P		
	Produtos derivados	Lodo ativado residual; 1000-5000 mg/L Sólidos Suspensos em Licor Misto (SSLM)				< 20 mg/L DBO	Lodo ativado residual;				Efluente (contínuo); Dragagem (periódica)			Efluente; Dragagem	
	Possibilidade de atualização	++	++	++	++	+++	++	+++	++	++	+++	+++	+++	+++	+++
Equipamento	Nível de capacitação técnica	++++	+++++	+++	++++	+++	+++	+++	++++	++++	+	+	++	+	++
	Exigências de Espaço	++	++	+++	+	++	+++	+++	++	+++	++++	+++++	++++	+++++	++++
	Exigências de Temperatura	Bom controle de temperatura [3]					Declínio de Taxa @<15 °C [6]; Difícil de controlar [3]			13-32 °C [6]	variação 0-40 °C; 20 °C ótima [6]			Declínio de Taxa @<10 °C [7]	
	Confiabilidade	++++	+++	++++	++++	++++	+++	+++	+++	+++	+++++	+++++	++++	+++++	++++
	Robustez de tecnologia	+++	+++	+++	+++	+++++	++++	++++	+++	++++	++	++	++	++	++
Custo (por 37,8 mld carga hidráulica)	Capital:(milhãoUS$)	7,43		12,6				5,04				4,68	0,93		
	Operacional & Manutenção/ano	4300 horas, US$230.000						4400 horas, US$80.000				0,05	0,135		
	Energia kW-h/ano	2,75						ver clarificador							

Nota: + denota um valor baixo, +++++ denota um valor alto

[1] Metcalf and Eddy, Chapter 12
[2] Metcalf and Eddy, Table 8-7
[3] Noyes
[4] Metcalf and Eddy, Chapter 8
[5] Metcalf and Eddy, Chapter 5
[6] Corbitt, Chapter 6
[7] Metcalf and Eddy, Table 13-22
[8] Metcalf and Eddy, Chapter 11
[9] Gerheart
[10] EPA/625/R-92/005
[11] Classificação das Opções Tecnológicas para Tratamento de Águas Servidas
[12] Literatura de fornecedores de poços profundos, "Full Scale Deep Shaft Plants - Municipal"

Tabela 9. Matriz de Tratamento Biológico de Lodos e Águas Servidas

		Digestão Anaeróbica		Autotérmico Termofílico
		Taxa padrão	Taxa alta	Digestão Aeróbica
Fluxo	Capacidade (Período de Detenção)	30-90 d[1]	10-20 d[1]	3/4 - 4 d[1]
	Efeito de variabilidade	Fraco	Fraco	Fraco
	Facilidade de expansão	Razoável	Razoável	Razoável
Composição	Limites do influente (carga de DBO_5)	0,5-1,6 Kg/m^3*d[1]	1,6-4,8 Kg/m^3*d[1]	1,6-4,8 Kg/m^3*d[1]
	Efeito de variabilidade	Fraco[3]	Fraco[3]	Fraco[3]
	Efeito de características	pH 6,8-7,2; razão COD:N:P @100:1:0.2; [6]		Limitações aeróbicas
Tratamento	Limites do efluente	3-10% de Sólidos[1]	3-10% de Sólidos[1]	<70% de Sólidos[1]
	Possibilidade de melhoramento	Razoável	Razoável	Razoável
	Produtos derivados	Licor digerido, Gás (Metano)		
Equipamento	Nível de capacitação técnica	Alto	Alto	Alto
	Exigências de espaço	Alto	Médio	Médio
	Exigências de Temperatura	30-38 ^oC	49-57 ^oC	45-65 ^oC
	Confiabilidade	Boa, Tendência a corrosão		
	Robustez de tecnologia	Boa	Boa	Boa
	Custos de capital			
	Custos operacionais			
	Tecnologia aprovada			

[1] Metcalf and Eddy, Capítulo 12
[2] Metcalf and Eddy, Tabela 8-7
[3] Noyes, Robert, Unit Operations in Environmental Engineering
[4] Metcalf and Eddy, Capítulo 8
[5] Metcalf and Eddy, Capítulo 5
[6] Corbitt, Robert, Standard Handbook of Environmental Engineering, Capítulo 6
[7] Metcalf and Eddy, Tabela 10-17
[8] Metcalf and Eddy, Capitulo 11
[9] Gerheart, Robert A., Municipal Wastewater Treatment Technology, "Use of Constructed Wetlands to Treat Domestic Wastewater, City of Arcata, California", Noyes Data Corporation, Park Ridge, NJ, 1993
[10] EPA/625/R-92/005
[11] Classificação das Opções de Tecnologia para Tratamento de Águas Servidas
[12] Literatura de fornecedor de Poços Profundos, “Full Scale Deep Shaft Plants - Municipal”

3.4 Tratamento Avançado

O tratamento avançado inclui uma série de métodos físicos, químicos e biológicos para remover nutrientes (i.e., nitrogênio, fósforo) e compostos orgânicos refratários (de difícil digestão). O efluente resultante do tratamento avançado, tratamento terciário ou clarificação é água de alta qualidade.

O fósforo e o nitrogênio são o alvo principal da remoção de nutrientes. Estes nutrientes são, geralmente, removidos em parte em usinas típicas de tratamentos de águas servidas, métodos avançados, contudo, podem ser necessários para conseguir níveis muito baixos de nutrientes no efluente final.

O método mais comum para reduzir a concentração de fósforo é por meio da precipitação química em processos utilizados em usinas de tratamento de águas servidas. Vários fatores influenciam a eficácia do processo de coagulação, tais como tipo de coagulante usado, características do equipamento, características das águas servidas, quantidade do coagulante adicionado e seu ponto de adição. Os químicos utilizados para ampliar a remoção de fósforo estão relacionados no tabela 10. A adição de coagulantes a um processo específico de tratamento de águas servidas apresenta vantagens e desvantagens que são apresentadas na Tabela 11.

Tabela 10. Melhoramento Químico da Remoção de Fósforo

Etapa	Químico(s) Adicionado(s)
Sedimentador primário	Alume e polímero Cloreto férrico e polímero Cloreto férrico e cal Cal
Bacia de floculação	Alume e polímero Cloreto férrico e polímero Cloreto ferroso e cal Cal
Bacia de aeração	Alume Cloreto férrico Aluminato de Sódio
Aeração e filtragem por meios múltiplos	Alume Cloreto férrico Aluminato de sódio
Filtro por gotejamento	Alume Cloreto férrico
Filtro por gotejamento e filtragem por meios múltiplos	Alume Cloreto férrico
Tratamento secundário convencional (bacia de floculação)	Alume Cloreto férrico Cal (uma ou duas etapas)

Modificado do Standard Handbook of Environmental Engineering

Tabela 11. Adição Química para Remoção de Fósforo em Várias Etapas de Tratamento

Nível de Tratamento	Vantagens	Desvantagens
Primário	Aplicável à maioria das plantas; maior remoção de sólidos suspensos e DBO; nível mais baixo de metal proveniente do coagulante; demonstrada recuperação de cal.	Uso menos eficiente de coagulante metálico; pode ser necessário polímero para floculação; lodo mais difícil de desidratar que lodo primário.
Secundário	Custo mais baixo; dosagem química mais baixa que o tratamento primário; maior estabilidade do lodo ativado; não é necessário polímero.	Dose excessiva de metal pode causar baixa toxidade de pH; com águas servidas de baixa alcalinidade, pode ser necessário um sistema de controle de pH; não se pode usar cal devido ao pH excessivo; sólidos inertes adicionados ao licor misto de lodo ativado, reduzindo a porcentagem de sólidos voláteis.
Avançado	Efluente com o menor nível de fósforo; uso mais eficiente do metal; demonstrada recuperação de cal.	O mais alto custo de capital; o maior escoamento de metal.

Fonte: Wastewater Engineering, Treatment, Disposal, and Reuse, Metcalf & Eddy

A remoção quase completa de nutrientes somente pode ser realizada de maneira eficiente com uma combinação de processos físicos, químicos e biológicos. O nível de fósforo e nitrogênio a ser alcançado na corrente do efluente requer um esquema de tratamento avançado que aproveite os três tipos de processos. Os níveis aproximados de remoção de nutrientes em processos típicos de tratamento de águas servidas são apresentados na tabela 12. Alternativamente, a tabela 13 apresenta tecnologias que foram especificamente elaboradas para a remoção de nutrientes e mostra também sua eficácia. A Figura 2. identifica vários processos existentes de remoção de nutrientes, cuja maior parte são descritos na Tabela 14.

Tabela 12. Operações de Remoção de Nutrientes

	% Remoção de Nitrogênio	% Remoção de Fósforo
Tratamento primário convencional	5-10	10-20
Tratamento secundário convencional	10-30	
Lodo ativado convencional		10-25
Filtro por gotejamento convencional		8-12
Contatores biológicos rotatórios convencionais		8-12
Assimilação bacteriana	30-70	
Desnitrificação	70-95	
Algas colheiteiras	50-80	
Nitrificação	5-20	
Lagoas de oxidação	20-90	
Ponto de equilíbrio de cloração	80-95	Veja sal metálico e precipitação de cal
Coagulação química	20-30	
Adsorção de carbono	20-30	10-30
Troca seletiva de íons	70-90	
Filtração	20-40	20-50
Depuração de ar	50-90	
Electrodiálise	40-50	
Osmose reversa	80-90	90-100
Precipitação com sal metálico	Veja coagulação química	70-90
Precipitação com cal	Veja coagulação química	70-90
Tratamento biológico do fluxo principal		70-90
Tratamento biológico do fluxo lateral		70-90
Remoção biológica combinada de N & P		70-90

Modificado do Wastewater Engineering, Treatment, Disposal, and Reuse, Metcalf & Eddy.

[1] Informação de um fornecedor de sistemas de flutuação

Tabela 13. Eficiências de Processos de Remoção de Nutrientes

Quantidade de nutriente removido	Remoção de Nitrogênio	Remoção de Fósforo	Remoção de Nitrogênio e Fósforo
30% N 30% P	Lodo ativado convencional (10-30%)	Lodo ativado convencional (10-25%)	Lodo ativado convencional
80% N 80% P	MLE A2/O™ PhoStrip II™ Vala de Oxidação Biodenitro™ Simpre™ UCT e VIP	A/O™ PhoStrip™ Reatores de lotes em seqüência (RLS) OWASA	Bardenpho™ modificado A^2/O™ com filtros *denite* PhoStrip II™ Biodenipho™ Lodo ativado modificado em operação UCT PhoStrip™
95% N 98% P	Bardenpho™ em 4 etapas Wuhrman modificado Lodo duplo Tanque anóxico de pós-aeração com Metanol Filtros de desnitrificação Reatores de leito fluidificado Valas da fase de isolamento	PhoStrip™ Precipitação química mais filtros	Lodo duplo Bardenpho™ modificado com químicos A^2/O™ com filtros *denite* e químicos Lodo triplo com químicos

Supõe-se que as águas servidas tenham uma concentração típica de 40 mg/l de nitrogênio e 10 mg/l de fósforo.
Modificado do Design of Municipal Wastewater Treatment Plants, WEF/ASCE

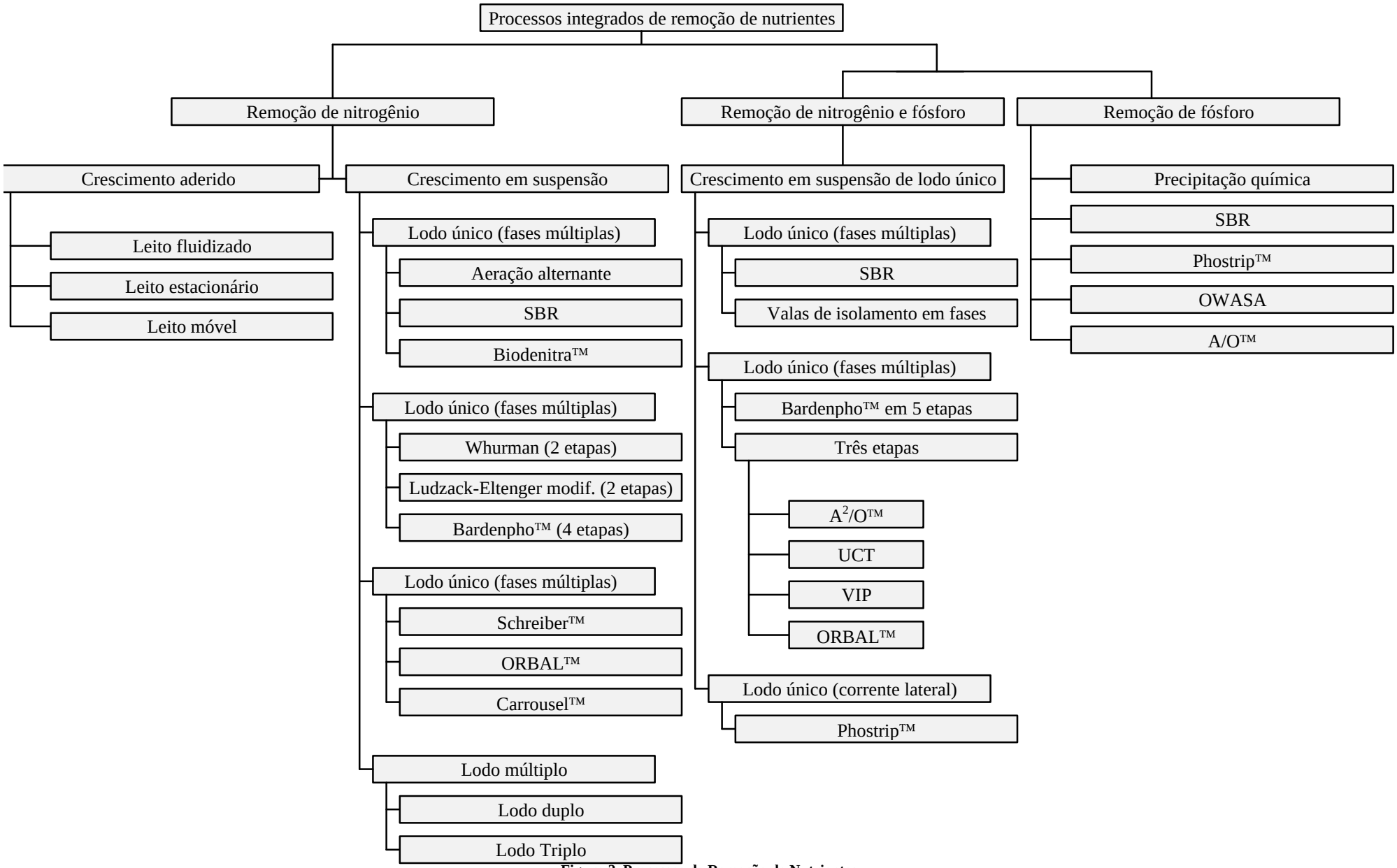


Figura 2. Processos de Remoção de Nutrientes

Fonte: Water Environment Federation y The American Society of Civil Engineers. Design of Municipal Wastewater Treatment Plants. p 898. 1991.

Tabela 14. Processos de Remoção de Nutrientes

Processo	Vantagens	Desvantagens
Combinação de oxidação de carbono, nitrificação e crescimento suspenso	Tratamento combinado de carbono e amônia em uma única etapa; baixo conteúdo de amônia no efluente é possível; controle de inventário do licor misto é estável devido à alta razão DBO_5/TKN	Sem proteção contra tóxicos; estabilidade apenas moderada de operação; estabilidade está ligada ao clarificador secundário para biomassa de retorno; reatores grandes requerem tempo frio.
Combinação de oxidação de carbono, nitrificação e crescimento aderido	Tratamento combinado de carbono e amônia em uma única etapa; estabilidade não está ligada ao clarificador secundário porque os organismos estão aderidos ao meio.	Sem proteção contra tóxicos; estabilidade apenas moderada de operação; o nível de amônia no efluente é normalmente 1-3 mg/L (exceto RBC); em tempo frio a operação, na maioria dos casos, não é prática.
Nitrificação e crescimento suspenso em etapas separadas	Boa proteção contra a maioria dos tóxicos; operação estável; baixo conteúdo de amônia no efluente é possível.	Inventário do lodo requer controle cuidadoso quando a razão DBO_5/TKN estiver baixa; estabilidade de operação; o nível de amônia no efluente é normalmente 1-3 mg/L; requer maior número de processos unitários que a combinação de oxidação de carbono e nitrificação.
Nitrificação e crescimento aderido em etapas separadas	Boa proteção contra a maioria dos tóxicos; operação estável; estabilidade não está ligada ao clarificador secundário porque os organismos estão aderidos ao meio.	O nível de amônia no efluente é normalmente 1-3 mg/L; requer maior número de processos unitários que a combinação de oxidação de carbono e nitrificação.
Combinação de oxidação de carbono, nitrificação/desnitrificação em reator de crescimento suspenso usando fonte endógena de carbono	Não requer metanol; requer menor número de processos unitários; melhor controle de organismos filamentosos no processo do lodo ativado é possível; uma bacia única pode ser usada; adaptável ao reator de lotes em seqüência; o processo pode ser adaptado para incluir remoção biológica de Fósforo.	Desnitrificação ocorre em taxas muito baixas; requer períodos de detenção mais longos e estruturas muito maiores que o sistema baseado no metanol; estabilidade está ligada ao clarificador secundário para biomassa de retorno; difícil de otimizar nitrificação e desnitrificação separadamente; biomassa requer nível suficiente de oxigênio dissolvido para que a nitrificação ocorra; menor remoção de nitrogênio que sistema baseado no metanol.
Combinação de oxidação de carbono, nitrificação/desnitrificação em reator de crescimento suspenso usando carbono de água servida	Não requer metanol; requer menor número de processos unitários; melhor controle de organismos filamentosos no processo do lodo ativado é possível; uma bacia única pode ser usada; adaptável ao reator de lotes em seqüência; o processo pode ser adaptado para incluir remoção biológica de fósforo.	Desnitrificação ocorre em taxas muito baixas; requer períodos de detenção mais longos e estruturas muito maiores que o sistema baseado no metanol; estabilidade está ligada ao clarificador secundário para biomassa de retorno; difícil de otimizar nitrificação e desnitrificação separadamente; biomassa requer nível suficiente de oxigênio dissolvido para que a nitrificação ocorra; menor remoção de nitrogênio que sistema baseado no metanol.

Crescimento suspenso usando o metanol após a etapa da nitrificação	Desnitrificação rápida; requer estruturas pequenas; demonstrada estabilidade de operação; poucas limitações nas opções de seqüência de tratamento; a etapa de oxidação do metanol em excesso pode ser facilmente incorporada; todos os processos do sistema podem ser otimizados separadamente; alto nível de remoção de nitrogênio é possível.	Requer metanol; estabilidade está ligada ao clarificador secundário para biomassa de retorno; requer maior número de processos unitários para nitrificação/desnitrificação que em sistemas combinados.
Crescimento aderido (coluna) usando o metanol após a etapa da nitrificação	Desnitrificação rápida; requer estruturas pequenas; demonstrada estabilidade de operação; estabilidade não está ligada ao clarificador porque os organismos estão aderidos ao meio; poucas limitações nas opções de seqüência de tratamento; todos os processos do sistema podem ser otimizados separadamente; alto nível de remoção de nitrogênio é possível.	Requer metanol; processo de oxidação do metanol em excesso não pode ser facilmente incorporado; requer maior número de processos unitários para nitrificação/desnitrificação que em sistemas combinados
A/O	Operação é relativamente simples quando comparada a outros processos. Lodo residual possui conteúdo relativamente alto de fósforo (3-5%) e tem valor fertilizante. Período de retenção hidráulica relativamente curta. Onde a eficiência de remoção de fósforo puder ter níveis reduzidos, o processo pode atingir nitrificação completa.	Não pode atingir níveis altos de remoção de nitrogênio e fósforo simultaneamente. Desempenho sob condições de clima frio é incerto. Requer altas razões DBO/P. Com períodos de detenção reduzidos de células aeróbicas, instrumentos de transferências de oxigênio de taxas muito altas pode ser necessário. Flexibilidade limitada de controle de processos.
PhoStip	Pode ser incorporado facilmente dentro de usinas existentes de lodo ativado. Processo é flexível; processo de remoção de fósforo não é controlado pela razão DBO/fósforo. Há muitas instalações nos EUA; o uso significativamente menor de químicos que precipitação química de fluxo principal. Podem-se atingir concentrações confiáveis de ortofosfato no efluente inferiores a 1,5 mg/L.	Requer adição de cal para a precipitação de fósforo. Requer maior quantidade de oxigênio dissolvido de licor misto para impedir a liberação de fósforo no clarificador final. Requer tanques adicionais para a depuração. O escalonamento da cal pode ser um problema de manutenção.
Reator de Lotes em Seqüência	Processo é muito flexível para remoção combinada de nitrogênio e fósforo. Processo é simples de operar. Sólidos de licores mistos não podem ser eliminados por surtos hidráulicos.	Apropriado apenas para fluxos pequenos. Pode requerer unidades redundantes. Qualidade do efluente depende da confiabilidade da instalação de decantação. Poucas informações sobre o projeto disponíveis.

A^2/O	Lodo residual possui conteúdo relativamente alto de fósforo (3-5%) e tem valor fertilizante. Oferece melhor capacidade de desnitrificação que A/O.	Desempenho sob condições de clima frio é incerto. Mais complexo que A/O.
Bardenpho	Produz menos lodo que todos os sistemas biológicos de remoção do fósforo. Lodo residual possui conteúdo relativamente alto de fósforo e tem valor fertilizante. O nitrogênio total é reduzido a níveis mais baixos que a maioria dos processos. Alcalinidade é devolvida ao sistema, reduzindo ou eliminando portanto a necessidade de adicionar químicos. Foi amplamente utilizado na África do Sul e existem dados substanciais disponíveis.	Ciclos internos longos aumentam necessidade de energia de bombeamento e manutenção. Experiência limitada nos EUA. Requer maior volume do reator que processo A^2/O. Sedimentação primária reduz a capacidade do processo de remover nitrogênio e fósforo. Requer razões altas de DBO/P. Efeitos da temperatura sobre o desempenho do processo não são bem conhecidos.
UCT	Reciclagem para a zona anóxica elimina a reciclagem de nitrato e proporciona ambiente melhor para a remoção de fósforo na zona anaeróbica. Possui volume de reator ligeiramente menor que processo Bardenpho.	Não existem instalações nos EUA. Ciclos internos longos aumentam necessidade de energia de bombeamento e manutenção. Exigências de adição de químicos são incertas. Requer razões altas de DBO/P. Efeitos da temperatura sobre o desempenho do processo não são bem conhecidos.
VIP	Reciclagem de nitrato para a zona anóxica reduz a necessidade de oxigênio e o consumo de alcalinidade. Reciclagem de efluente da zona anóxica para a zona anaeróbica reduz a carga de nitrato na zona aeróbica. Adapta-se à remoção de fósforo durante todo o ano e à remoção sazonal de nitrogênio.	Ciclos internos longos aumentam necessidade de energia de bombeamento e manutenção. Poucas instalações em funcionamento nos EUA. Baixas temperaturas reduzem a capacidade de remoção de nitrogênio.
Depuração do ar	Processo pode ser controlado por remoções selecionadas de amônia. Mais aplicável se requerido sazonalmente em combinação com sistema de cal para a remoção de fósforo. O processo pode atender aos padrões totais de nitrogênio. Não é sensível as substâncias tóxicas.	Processo é sensível à temperatura. A solubilidade da amônia aumenta com baixas temperaturas. Requerimentos de ar também variam. Condensação de vapor e formação de gelo pode ocorrer com tempo frio. Reação de amônia com dióxido de enxofre pode causar problemas de poluição. Escalonamento de carbonato na vedação e nos tubos. Potencial de ruídos e problemas estéticos.

Ponto de equilíbrio de cloração	Com controle adequado, todo nitrogênio de amônia pode ser oxidado. Processo pode ser usado após outros processos de remoção de nitrogênio para aperfeiçoar esta remoção. Desinfecção concorrente de efluente. Não é sensível a substâncias tóxicas nem à temperatura. Baixos custos de capital. Adapta-se à instalação existente.	Pode produzir muitos resíduos de cloro que são tóxicos para organismos aquáticos. Águas servidas contém uma variedade de substâncias que demandam cloro o que aumenta os custos de tratamento. Processo sensível ao pH, o que afeta requisitos de dosagem. Altos custos operacionais devido às exigências químicas. Formação de trialometano pode afetar qualidade da água. Adição de cloro aumenta TDS do efluente. Processo pode atender aos padrões de nitrogênio. Requer controle cuidadoso de pH para impedir a formação de gás de tricloreto de nitrogênio. Requer operadores altamente capacitados.
Troca de Íons	Pode ser usado onde as condições climáticas inibam a nitrificação biológica e onde existam padrões de adstringentes para efluentes. Produz efluente com níveis relativamente baixos de TDS. Produz um produto aproveitável (amônia aquosa). Processo pode atender padrões totais de nitrogênio. Fácil de controlar a qualidade do produto.	Material orgânico no efluente do tratamento biológico pode causar acúmulo de resina. Normalmente requer pré-tratamento por filtragem para evitar a perda excessiva de carga devido aos sólidos suspensos. Altas concentrações de outras precauções reduzirão a capacidade de remoção de amônia. Recuperação para regeneração pode requer o acréscimo de um outro processo unitário (i.e., depuração por gás). Altos custos operacionais e de custos. Produtos de regeneração devem ser eliminados. Requer operadores altamente capacitados.

Fonte: Metcalf & Eddy, Wastewater Engineering, Treatment, Disposal, and Reuse

3.5 Desinfecção

A desinfecção destrói os microorganismos patogênicos. A cloração é o método mais amplamente usado, embora existam outros tipos de agentes. A preocupação a respeito dos produtos derivados do cloro resultaram na maior atenção à descloração da água desinfectada antes da eliminação, assim como na maior aplicação de luz ultravioleta para desinfecção. O tabela 15 relaciona os atributos dos diferentes agentes de desinfecção.

Estudo de caso: Utilização de lâmpadas ultravioletas para a desinfecção de águas servidas

A usina de tratamento de águas servidas de Carters Creek (College Station, Texas) aumentou sua capacidade de 8,9 mgd (33,4 milhões l/d) para 9,5 mgd (35,7 milhões l/d) e implantou novas tecnologias, incluindo a digestão aeróbica autotérmica e termofílica e a desinfecção com luz ultravioleta (UV).

A usina usava, anteriormente, cloro para a desinfecção. Entretanto, havia muitas preocupações a respeito do uso contínuo do cloro: a desinfecção com cloro gera produtos derivados potencialmente perigosos e é necessário que o efluente desinfectado seja cuidadosamente desclorado para evitar que o oxigênio dissolvido se reduza a níveis abaixo dos padrões exigidos. Bacias de contato maiores precisariam ser construídas para assegurar o período de contato adequado do cloro, e a cidade estava preocupada a respeito do custo de instalar um sistema depurador para controlar as emissões de ar das novas bacias. Além disso, os funcionários estavam preocupados com a segurança de armazenamento e manejo do cloro e substâncias de descloração.

Por recomendação de uma firma de engenharia, a cidade decidiu instalar um sistema de desinfecção por luz UV. O mencionado sistema requer menos espaço que o sistema de desinfecção com o cloro. O período de detenção é apenas de 12 segundos para UV, comparados com 20 minutos para o cloro. A bacia de UV possui dois canais de maneira que um canal possa funcionar enquanto o outro se encontra sob serviço de manutenção. Cada canal possui 15 módulos em uma formação de 3 pés (0,92m) por 5 pés (1,54m). Cada módulo possui 40 lâmpadas de UV. O sistema foi terminado em agosto de 1995, ao custo de US$ 800.000. Estima-se que as instalações se auto pagarão em um período de 10 anos em relação ao custo de manutenção e melhoramento do sistema de desinfecção com cloro. Espera-se que a cidade de College Station economize mais de US$ 1 milhão através do uso da desinfecção por UV.

Fonte: Wastewater Plant Turns to UV Disinfection, *Wastewater*, Vol. 13, No. 7 (July/August 1997) p. 46.

Tabela 15. Atributos dos Agentes de Desinfecção de Águas Servidas

	Ozônio	Cloro	Dióxido de Cloro	Hipocloreto	Luz Ultravioleta
Tamanho da Usina	Média a grande[3]	Todos os tamanhos[3]	Pequena a média[3]	Todos os tamanhos [4]	Todos os tamanhos [4]
Limites	Não deve ser usado para fluxo complexo, de muita força e alta concentração, afetado pela temperatura	Afetado pela temperatura		Afetado pela temperatura[4]	Limitado pela turbidez[1]
Dependência do pH	Leve[9]	Sim[9]	Não [9]	Sim [4]	Não[9]
Efluente	Não produz produtos perigosos, pode aumentar DBO em reações com organismos refratários[3]	Pode criar resíduos tóxicos, pode requerer descloração antes da descarga	Resíduos moderados; não cria cloraminas nem trialometanos[3]	Pode criar resíduos tóxicos, pode requerer descloração antes da descarga[4]	Não produz resíduos[1]
Aumenta sólidos dissolvidos	Não [9]	Sim [9]	Sim [9]	Sim	Não [9]
Saúde/segurança	Perigos no manuseio e armazenagem, mas é gerado in situ[3]	Perigos no manuseio e armazenagem do cloro	Alguma preocupação com segurança[3]	Pode gerar gás clorado	Preocupação mínima[3], UV precisa de proteção adequada[4]
Toxidade	tóxico[7]	Altamente tóxico [7]	tóxico [7]	tóxico [7]	tóxico [7]
Custos de operação e Manutenção	Utiliza muita energia, muito mais caro que cloro	Baixo custo[7]	Custo moderadamente baixo[7]	Custo moderadamente baixo[7]	Utiliza muita energia[4], custo moderadamente alto[7]
Questões tecnológicas	tecnologia relativamente complexa[3], poucos sistemas integrais em funcionamento[6]	Alimentação simples, técnica aprovada[1], usada com maior frequência[4], complexidade baixa a moderada[3]	Moderadamente complexo[3], não se tem notícia de uso em usinas municipais dos EUA[5]	Alimentação simples, técnica aprovada, complexidade baixa a moderada[4]	Operação simples a moderado, usada em centenas de usinas de águas servidas, uso crescente[5]
Bactericida	Bom[3]	Bom [3]	Bom [3]	Bom [6]	Bom [3]
Virucida	Bom [3]	moderado[3]	Bom [3]	moderado[6]	Bom [3]

Atributos dos Agentes de Desinfecção de Águas Servidas (Continuação)

	Ozônio	Cloro	Dióxido de Cloro	Hipocloreto	Luz Ultravioleta
Equipamento adicional	Requer geração in situ de ozônio; efeito ampliado por UV e ultrasom[1]		Requer geração in situ [6]		
Solubilidade	Alta[7]	Leve[7]	Alta[7]	Alta[7]	N/A[7]
Estabilidade	instável[7]	estável[7]	instável[7]	Levemente instável[7]	N/A[7]
Período de Contato	curto[3]	médio [3]	médio [3]	médio [4]	curto[3]
Interação com material estranho	Oxida matéria orgânica [7]	Oxida matéria orgânica [7]	Alta[7]	oxidador ativo[7]	Leve[7]
Penetração	Alta[7]	Alta[7]	Alta[7]	Alta[7]	moderada[7]
Corrosividade	Altamente corrosivo[7]	Altamente corrosivo[7]	Altamente corrosivo[7]	corrosivo[7]	N/A[7]
Habilidade Deodorizadora	Alta[7]	Alta[7]	Alta[7]	moderada[7]	nenhuma[7]
Forma[8]	gás	líquida/gás	Gás	solução, pó ou pelotas	N/A
Fórmula Química[8]	O_3	Cl_2	ClO_2	NaOCl ou $Ca(OCl)_2$	N/A
Confiabilidade	Razoável a Boa[3]	Boa[3]	Boa[3]	Boa[4]	Razoável a Boa[3]
Flexibilidade	Boa[9]	Boa[9]	Boa[9]		Boa[9]
Estudos	médio[9]	máximos[9]	Mínimos[9]		médio[9]

[1] Unit Operations in Environmental Engineering, R. Noyes, 1993
[2] Industrial Water Pollution Control, Eckenfelder, 1989
[3] Water Quality and Treatment, AWWA, 1990
[4] Personal communication, Dean Hertert, Sept. 24, 1996
[5] Design of Municipal Wastewater Treatment Plants, WEF/ASCE, 1992
[6] Standard Handbook of Environmental Engineering, R.A. Corbitt, 1989
[7] Wastewater Engineering, Treatment, Disposal, and Reuse, Metcalf & Eddy, 1991
[8] Wastewater treatment plants, Planning, Design, and Operation, S. R. Qasim, 1994
[9] Design Manual: Municipal Wastewater Disinfection, EPA 625/1-86-021, 1986

3.6 Tratamento do lodo

As fontes de dejetos de lodo de uma usina de tratamento municipal de águas servidas são as bacias de sedimentação primária e os clarificadores secundários. Outras fontes adicionais de lodo podem incluir a etapa de precipitação química, processo de nitrificação-desnitrificação, peneiragem, trituração e filtragem. Dependendo do desenho do processo, algumas correntes de lodo podem ser recicladas para uma etapa anterior. O lodo produzido contém materiais orgânicos e inorgânicos trazidos pela águas servidas não-tratadas, químicos adicionados e sólidos biológicos produzidos durante o tratamento.

O excesso do lodo deve ser eliminado. Entretanto, o transporte e a eliminação do lodo não-tratado é muito caro devido ao seu alto conteúdo de água. As usinas de tratamento de águas servidas utilizam uma série de abordagens para reduzir o volume do lodo e o conteúdo de água. A digestão anaeróbica (descrito em 3.3.1) reduz o volume e a massa do lodo. O engrossamento e desidratação do lodo é conseguido por meio de centrifugação, filtração e /ou secagem, com uma série de variações tecnológicas para cada processo. Pode-se também utilizar químicos para ajudar a engrossar e desidratar o lodo. Estes processos tem um efeito enorme sobre a quantidade de lodo que precisará de eliminação final. O aumento da concentração de sólidos do lodo de 2 a 20 porcento, reduz o volume do lodo em 90 porcento.

A Tabela 16. apresenta os processos disponíveis para tratamento do lodo de águas servidas. Alguns destes processos já foram descritos em seções anteriores (i.e. digestão anaeróbica). O restante desta seção tratará destas tecnologias de tratamento de lodo.

Tabela 16. Processos de Manuseio do Lodo

Operações Preliminares	Engrossamento	Estabilização	Condicionamento	Desinfecção	Desidratação	Secagem	Redução Térmica	Eliminação
• Trituração do Lodo • Mistura do Lodo • Armazenagem do Lodo • Remoção de Areia do lodo	• Engrossamento de tambor rotatório • Engrossamento por gravidade • Engrossamento por flutuação • Centrifugação • Engrossamento por cinturão de gravidade	• Oxidação de cloro • Estabilização de cal • Tratamento térmico • Digestão anaeróbica • Digestão aeróbica • Compostagem	• Condicionamento químico • Decantação • Tratamento térmico	• Pasteurização • Armazenagem de longo prazo	• Filtro a vácuo • Filtro de pressão • Filtro de correia horizontal • Centrifugação • Leito de secagem • Lagoa	• Evaporador de efeito múltiplo • Secagem instantânea • Secagem borrifada • Secagem rotatória • Secador de fornalha múltipla	• Incinerador de fornalha múltipla • Incinerador de leito fluidificado • Combustão instantânea • Co-incineração com dejetos sólidos • Reator de poço profundo vertical • Oxidação com ar úmido	• Terreno sanitário • Aplicação em terreno • Recuperação • Re-uso • Compostagem • Recalcinagem

Fontes: Wastewater Treatment Plants, Planning, Design, and Operation, S. R. Qasim
Wastewater Engineering, Treatment, Disposal, and Reuse, Metcalf & Eddy

3.6.1 Engrossamento do lodo

O lodo de águas servidas contém mais de 90% de água. O engrossamento do lodo é necessário para reduzir o volume geral e concentrar os sólidos. O processo de engrossamento reduz a carga para tratamento posteriores, reduzindo portanto o uso de químicos e a necessidade de equipamento grande. Entre os métodos de engrossamento, encontram-se a gravidade, flutuação com ar dissolvido e centrifugação. Estes métodos e suas características são apresentados nas Tabelas 17 e 18.

3.6.2 Desidratação do lodo

A desidratação do lodo de águas servidas é necessária para reduzir o conteúdo restante de água para a eliminação ou transporte do lodo. O lodo resultante pode conter até 30 porcento dos sólidos, uma maior concentração do lodo pode ser realizada por meio de uma etapa de secagem. O equipamento geralmente usado para a desidratação são centrífugas, leitos de secagem, lagoas, prensas de filtros, filtros de cinturão horizontal e filtros a vácuo. Estes métodos e suas características estão descritos abaixo e resumidos nas Tabelas 19 e 20. Entre outras técnicas de desidratação encontram-se o congelamento (que não é prático para o clima do Brasil) e leitos de cana *Phragmites* (que são considerados inadequados para usinas grandes de tratamento que geram mais de 19 milhões de litros de lodo por ano devido a problemas na tubulação e drenagem). Estas opções adicionais não são consideradas no presente trabalho.

<u>Leitos de secagem de areia:</u> leitos de areia são geralmente usados para usinas de tratamento de águas servidas municipais de tamanho pequeno a médio. É necessário muito espaço e o tempo de secagem pode ser longo (Outwater, p. 82).

<u>Leitos de secagem de água cuniforme:</u> estes leitos de secagem utilizam uma tela de malha fina de arame feito de aço inoxidável (vida útil mais longa, custo mais alto) ou um meio de poliuretano de alta densidade(vida útil mais curta, custo mais baixo). A malha de aço inoxidável tem aproximadamente 1 metro de largura, é de comprimento variado e é colocada sobre pisos de concreto em suportes estruturais. A malha de poliuretano é feita de pedaços interligados e auto-suficientes, medindo 30,5 cm por 30,5 cm, com a altura de 5 cm. Estes sistemas drenam a água através da ação capilar e sua capacidade de carga é de quase 10 kg de sólidos secos por metro quadrado, que é o dobro da capacidade de um leito

de secagem de areia. Sob condições favoráveis, o conteúdo dos sólidos do lodo pode atingir 15 a 20 % em 3 ou 4 dias (comparado com 4 semanas para o leito de secagem de areia que requer superfície de área cerca de 16 vezes maior). É necessária determinada habilidade para operar estes sistemas de maneira bem sucedida. Os leitos são limpos com um trator (Outwater, p. 83-85).

Desidratação em lagoas: esta é uma alternativa simples e de baixo custo para climas quentes e secos onde o custo da terra é baixo e não haja vizinhos por perto. As lagoas requerem superfície de terra relativamente grande. É difícil controlar o odor; alguns lodos precisam ser estabilizados para reduzir odores antes de ser colocados em lagoas. As lagoas são sensíveis às condições climáticas. A chuva desacelera o engrossamento do lodo e as lagoas são menos eficientes em climas mais frios. O lodo também pode ser lixiviado para águas subterrâneas. O lodo precisa ser periodicamente retirado totalmente das lagoas e o seu terreno recomposto. Se a camada de lodo é de 36 cm ou menos, ela se desidratará em 3 a 5 meses (Outwater, p. 84-85).

Desidratação com filtro a vácuo: O filtro a vácuo contínuo típico consiste em um tambor horizontal rotatório parcialmente submergido num reservatório de lodo úmido não-filtrado. Um meio de filtragem composto de vários tipos de material recobre a face do tambor e suporta a camada de lodo em desidratação. O tambor é dividido em setores no comprimento do tambor, cada um deles é colocado sob vácuo por válvulas automáticas. À medida que um setor passa através do reservatório, o vácuo é aplicado, resultando na formação de uma camada de lodo no meio de filtragem. O vácuo é mantido no setor enquanto é emergido do reservatório, resultando na drenagem contínua da umidade da camada do lodo. A drenagem continua até que o setor volte a entrar no reservatório. Neste ponto, a massa do lodo é raspada automaticamente do meio do filtro. Uma da maiores desvantagens do filtro do tipo tambor é a freqüência com que a operação tem que ser interrompida para lavar o meio de filtragem (Outwater, p. 90-91).

Prensas de filtro em cinturão: O lodo é processado em três estágios: condicionamento/floculação, drenagem por gravidade e corte por compressão. No primeiro estágio, um polímero é adicionado e misturado ao lodo. O lodo é então bombeado para um cinturão por uso em movimento no qual a água liberada durante o condicionamento do lodo é drenada por gravidade, deixando para trás uma massa semi-fluída de sólidos de lodo floculado. Arados agitam o lodo aumentando a liberação da água. A drenagem por gravidade após o condicionamento inicial do lodo é responsável por 50 a 70 porcento da água extraída no processo

mecânico de desidratação, e é uma etapa fundamental realizada antes do lodo ser pressionado entre os dois cinturões.

No estágio de compressão, o lodo parcialmente desidratado é pressionado entre os dois cintos de fibra. Os cinturões passam por uma série de rolos que realizam a ação de corte. No fim da seção de cinturão, a massa desidratada é raspada da superfície do cinturão para um condutor para maior processamento ou eliminação (Outwater, p. 91-93).

Desidratação por centrifugação: A desidratação por centrifugação usa a força centrífuga desenvolvida pela rotação de um depósito ou cesto para separar os lodos sólidos dos líquidos. Existem três tipos de centrífugas mais usadas: decantador de depósito sólido, um cesto e um disco. A centrífuga de depósito sólido ou decantador é o tipo mais comumente usado. O lodo é bombeado através de um tubo central para um depósito rotatório, no qual os sólidos são pressionados para as paredes internas e os líquidos mais leves se agrupam próximo ao centro do depósito. Um convertor em espiral ou em hélice leva a massa do lodo para o extremo aberto. O concentrado é evacuado através dos buracos nos dois extremos do depósito (Outwater, p. 93-94).

3.6.3 Eliminação do lodo residual

O produto final do processo de tratamento de lodo de águas servidas deve ser eliminado de maneira segura e também de boa relação custo-benefício. A eliminação pode ser realizada de várias maneiras e depende de muitas variáveis, tais como custo de transporte, disponibilidade de terreno, toxidade do lodo, volume do lodo produzido e contaminantes.

Os métodos de eliminação mais comuns são terrenos sanitários, fixação química, injeção em poço profundo e incineração. Outros métodos também podem ser usados dependendo das características tanto do lodo como da usina de tratamento, que são compostagem, pirólises, oxidação úmida e recalcificação. A recalcificação pode permitir a reciclagem da cal a partir da corrente do lodo se o nível de contaminação e os fatores econômicos são aceitáveis. As características de várias opções de eliminação do lodo são descritas na Tabela 21.

Tabela 17. Métodos de Engrossamento do Lodo

	Vantagens	Desvantagens	Tipo de Lodo	Uso e nível de êxito
Sedimentação por gravidade	Oferece capacidade de armazenagem do lodo	Requer grande quantidade de espaço	Primário	Crescente, resultados excelentes
	Requer baixa habilidade operacional	Pode produzir odores	Primário digerido	Não tão freqüente no momento, mas viável
	Oferece baixos custos de operação e manutenção[1]	Produz baixa % de sólidos[1]	Primário e ativado por águas servidas	Decrescente, resultados fracos a marginais
			Ativado por ar poluído	Nunca usados essencialmente, resultados fracos
Gravidade (decantação)			Primário digerido e mistura ativada por águas servidas	Muitas usinas construídas, requer floculantes
Flutuação de ar dissolvido	Funciona melhor com lodo leve		Primário e ativado por águas servidas	Crescente, bons resultados se o lodo primário tiver sido engrossado por gravidade separadamente
	Produz mais sólidos que gravidade[1]			
Tipo de condutor com depósito sólido			Ativado por águas servidas	Uso limitado, problemas com a captura de sólidos
Centrífuga do tipo disco	Poucas exigências de espaço[1]	Custos altos[1]	Ativado por águas servidas	Uso limitado, os dados estão sendo coletados

Modificado do Standard Handbook of Environmental Engineering, R. Corbitt
[1] Sludge Management and Disposal, P.N. Cheremisinoff

Tabela 18. Características de Engrossamento do Lodo

	Exigências do terreno	Manejo da variação de fluxo	Manejo da variação da qualidade do influente	Confiabilidade	Facilidade de operação e manutenção
Gravidade	Moderadas	Razoável	Bom	Boa	Boa
Flutuação de ar dissolvido	Moderadas	Razoável	Bom	Boa	Razoável
Centrifugação	Mínimas	Boa	Bom	Boa	Razoável

Modificado do Wastewater Treatment Plants: Planning, Design, and Operation, S. R. Qasim

Tabela 19. Métodos de Desidratação do Lodo

	Uso de massa desidratada				Características		
	Terreno sanitário	Extensão da terra	Secagem térmica	Incine -ração	Tamanho da usina	Vantagens[1]	Desvantagens[1]
Centrifugação (depósito sólido)	Sim	Sim	Sim	Sim		Aparência limpa, problemas mínimos de odor, capacidades de início e desligamento rápidas. Fácil de instalar. Produz massa de lodo relativamente seca. Baixa razão custo de capital-capacidade.	Desgaste do espiral pode ser um problema de manutenção. Requer remoção de areia e possivelmente um triturador de lodo no fluxo alimentador. Requer pessoal de manutenção capacitado. Conteúdo de sólidos suspensos moderadamente alto no concentrado.
Centrifugação (cesta)	Não	Sim	Não	Não		As mesmas máquinas podem ser usadas tanto para o engrossamento como para a desidratação. Condicionamento químico pode não ser necessário. Aparência limpa, problemas mínimos de odor, capacidades de início e desligamento rápidas. Muito flexível no atendimento das necessidades do processo. Não é afetado pela areia. Resultados excelentes para lodos difíceis.	Capacidade de tamanho limitada. Com exceção dos filtros a vácuo, consume mais energia por unidade de lodo desidratado. Escumação do fluxo pode produzir carga significativa de reciclagem. Para lodo facilmente desidratados, possui a mais alta razão custo de capital-capacidade. Para a maioria dos lodos, produz a mais baixa concentração de massa sólida. Vibração.
Leitos de secagem	Sim	Sim	Não	Não	Pequena	Método de custo de capital mais baixo quando o terreno encontra-se disponível. Requer pouca atenção e habilidade do operador. Consumo de energia baixo. Pouco ou nenhum consumo de químicos. Baixa sensibilidade à variabilidade do lodo. Maior conteúdo de sólidos que métodos mecânicos	Requer grande superfície de terreno. Requer lodo estabilizado. Desenho requer a consideração dos efeitos climáticos. A remoção do lodo requer muita mão de obra.

Lagoas	Sim	Sim	Não	Não	Pequena	Baixo consumo de energia. Nenhum consumo de químicos. Matéria orgânica é estabilizada mais adiante. Insensível à variabilidade do lodo. Método de custo de capital mais baixo quando o terreno encontra-se disponível. Requer pouca atenção e habilidade do operador.	Problemas potenciais de odores e vetores. Possibilidade de poluição de água subterrânea. Usa maior superfície de terreno que métodos mecânicos. Aparência pode ser desagradável. Chuvas desaceleram a desidratação; melhor em clima quente e seco.
Prensa de filtro	Sim	Variável	Não normal-mente	Sim		A mais alta concentração de massa sólida. Poucos sólidos suspensos no resultado da filtragem.	Operação em lotes. Alto custo de equipamento. Alto custo de mão de obra. Requer estrutura de suporte especial. Requer grande superfície para o equipamento. Requer pessoal de manutenção capacitado. Requer eliminação de sólidos adicionais devido ao acréscimo de químicos.
Filtro de cinturão horizontal	Sim	Sim	Sim	Sim		Pouca necessidade de energia. Custos de operação e capital relativamente baixos. Menos complexo mecanicamente e mais fácil de manter. A pressão alta é mais fácil de manter. Máquinas de alta pressão podem produzir massa muito seca. Requer esforço mínimo para desligar o sistema.	Limitação hidráulica no rendimento. Requer triturador de lodo no fluxo alimentador. Muito sensível as características do lodo de entrada. Curta vida útil quando comparada com outros instrumentos que usam meio de pano. Operação automática não é normalmente aconselhada.
Filtro a vácuo rotatório	Sim	Sim	Sim	Sim		Não requer pessoal capacitado. Exigências de manutenção são baixas para o equipamento de operação contínua.	Consumo mais alto de energia por unidade de lodo desidratado. Requer atenção contínua do operador. Bomba a vácuo é muito barulhenta. Resultado da filtragem pode ter alto conteúdo de sólidos suspensos, dependendo do meio do filtro.

Modificado do Standard Handbook of Environmental Engineering, R. Corbitt
[1] Wastewater Engineering, Treatment, Disposal, and Reuse, Metcalf & Eddy

Tabela 20. Características da Desidratação do Lodo

	Exigências de terreno	Manejo de variação de fluxo	Manejo da variação da qualidade do influente	Confiabilidade	Facilidade de manutenção e operação
Centrifugação	Mais baixas	Razoável	Razoável	Boa	Boa
Filtragem	Moderadas	Razoável	Razoável	Boa	Boa
Leito de secagem	Mais altas	Boa	Boa	Razoável	Muito Boa

Modificado do Wastewater Treatment Plants: Planning, Design, and Operation, S. R. Qasim

Tabela 21. Eliminação dos Resíduos do Lodo

	Exigências de terreno	Exigências de terreno	Manejo da variação da qualidade do influente	Confiabilidade	Facilidade de manutenção e operação	Questões
Terreno sanitário	Mais altas[2]	Boa[2]	Boa[2]	Muito boa[2]	Boa[2]	Lixiviados/escoamentos a serem controlados, regulamentos devem ser estabelecidos[1]
Aplicação do terreno	Mais altas[2]	Boa[2]	Boa[2]	Razoável[2]	Boa[2]	Baixo custo, regulamentos devem ser estabelecidos, consumo de colheita regulado, escoamentos devem ser controlados[1]
Fixação química						Para lodo que contenha dejetos perigosos, altos custos[1]
Injeção em poço profundo						Preocupações com contaminação de águas subterrâneas[1]
Incineração	Mais baixas[2]	Razoável[2]	Boa[2]	Muito boa[2]	Razoável[2]	Terreno sanitário de cinzas[2]

Fonte: [1] Standard Handbook of Environmental Engineering, R. Corbitt
[2] Wastewater Treatment Plants: Planning, Design, and Operation, S. R. Qasim

Estudo de Caso: Uso de biosólidos como nutrientes para terras agrícolas

A Autoridade de Esgoto de Landis, no sul do estado de Nova Jersey melhorou suas instalações de tratamento de águas servidas para uma capacidade de 8.2 mgd. A fim de atingir as metas de conservação estabelecidas, a autoridade comprou 380 acres de terra perto das instalações. Parte da terra será usada para o cultivo de feno e milho, mediante o uso de biosólidos estabilizados como única fonte de nutrientes. Entre os benefícios encontram-se receitas criadas a partir da venda de feno e milho, assim como o controle dos custos de transporte e eliminação de biosólidos. Esta aplicação limita-se aos meses mais quentes uma vez que os regulamentos proíbem a aplicação em solos congelados ou cobertos de neve.

Fonte: New Jersey Wastewater Authority Buys Farmland for Biosolids Disposal, Palmer D.W., Shimp C. G., Water Engineering & Management, July 1995 p.37

3.7 Tratamento de águas servidas na terra

Se existe terreno disponível e seu fluxo de águas servidas varia entre limites específicos, os sistemas de tratamento na terra podem se constituir numa alternativa viável de tratamento de águas servidas. Os sistemas usam plantas, superfície de terra e matriz de solo para tratar águas servidas. Vários processos físicos, químicos e biológicos estão envolvidos. A maioria dos sistemas de tratamentos na terra requer que a água servida passe por pelo menos uma etapa de sedimentação primária antes de ser tratada. A Tabela 22 apresenta as características e requisitos destes sistemas.

Tabela 22. Sistemas de Tratamento na Terra

	Taxa lenta	Fluxo de superfície	Infiltração rápida	Aplicação em terras molhadas	Usinas aquáticas flutuantes
Metas do tratamento	Tratamento secundário e avançado de águas servidas	Remoção secundária de nitrogênio	Tratamento secundário e avançado de águas servidas	Tratamento secundário de águas servidas[2]	
Vegetação	Várias colheitas	Gramas tolerantes à água	Não	Necessário[1]	Required[1]
Restrições climáticas	Armazenagem freqüentemente necessária em clima frio	Armazenagem freqüentemente necessária em clima frio	Se projetado corretamente, não necessita armazenamento	Armazenagem freqüentemente necessária em clima frio [1]	Armazenagem freqüentemente necessária em clima frio [1]
Carga hidráulica	0,5-6 m/ano	3-20 m/ano	6-100 m/ano	6-20 m/ano[1]	6-20 m/ano[1]
Área necessária	0,0603-0,5920 km^2/(Milhão l/d) [1]	0,0065-0,0484 km^2/(Milhão l/d) [1]	0,0040-0,0603 km^2/(Milhão l/d) [1]	0,0194-0,0667 km^2/(Milhão l/d) [1]	0,0194-0,0667 km^2/(Milhão l/d) [1]
Diretrizes do desenho	Pode ser usada para tratamento primário, em local isolado, com acesso restrito ao público e ausência de consumo humano de colheitas. Conteúdo fecal abaixo de 1000 MPN/100ml é aceitável exceto para colheitas consumidas cruas. Conteúdo fecal abaixo de 200 para áreas com acesso público.	Peneiragem ou fragmentação aceitável em local isolado com acesso restrito ao público. Requer aeração(controle de odor) em ambientes urbanos	Pode ser usada para tratamento primário, em local isolado, com acesso restrito ao público		
Exigências de profundidade do solo	>0,6 m	>0,3 m	>1,5 m		
Permeabilidade do solo	Rapidez baixa a moderada 1,5-500 mm/h	Muito baixo a moderadamente baixa <5,0 mm/h	Rapidez >50 mm/h	Lenta a moderada[1]	Lenta a moderada[1]
Profundidade da água subterrânea	0.6-1 m	Não essencial	1 m	Não essencial[1]	Não essencial
% do escopo	<20% se cultivada <40% se não cultivada	0-15%	<10%	<5%[1]	<5%[1]
Carga máxima (DBO)	500 kg/ha*d	100 kg/ha*d	670 kg/ha*d		
Qualidade média do efluente	<2 mg/l DBO <1 mg/l S.S. 3 mg/l de N Total <0,1 mg/l de P Total [1]	10 mg/l DBO 15mg/l S.S. 5 mg/l de N Total 4 mg/l de P Total [1]	2 mg/l DBO 2 mg/l S.S. 10 mg/l de N Total 1 mg/l de P Total [1]		

Modificado do "Design of Municipal Wastewater Treatment Plants" Volume II WEF/ASCE
[1] Wastewater Engineering, Treatment, Disposal, and Reuse, Metcalf & Eddy
[2] Wastewater treatment plants, Planning, Design, and Operation, S. R. Qasim

3.8 Análise de custos

Embora os custos de operação, construção e compra de equipamento dependam de vários fatores, existem algumas estimativas de custo disponíveis. A Tabela 23 apresenta algumas delas. Estes valores são apenas para comparação, uma vez que a fase de projeto fornece as informações necessárias para fins de estimativa de custo mais precisa. Além disso, deve-se recorrer a informações mais apropriadas, tais como o índice de custo de construção de usinas de tratamento e esgoto da EPA (Órgão de Proteção Ambiental dos EUA) para calcular a inflação a partir da data de elaboração da tabela. Além disso, devem se levar em conta as diferenças de custo e taxas de câmbio em diferentes países.

Tabela 23. Custos de processos específicos de tratamento de águas servidas

	Custo de construção Milhões de US$	Operação e Manutenção Milhão US$ / ano
Tratamento preliminar	0,2-0,3	0,03-0,04
Clarificador primário	0,5	0,045
Lodo ativado convencional	1,8	0,1
Clarificador final	0,8	0,065
Filtro por gotejamento de alta velocidade	1,0	0,035
Clarificador para filtro por gotejamento de alta velocidade	0,9	0,085
Cloração	0,3	0,065
Engrossador por gravidade	0,1	0,006
Digestor aeróbico	0,6	0,068
Disgestores anaeróbicos de duas etapas	0,6	0,035
Leitos de secagem do lodo	0,4	0,068
Prensa de filtro	0,7	0,063
Terreno sanitário	0,075	0,04

Custos estão indexados ao mês de setembro de 1976 (para uso de índices de custos apropriados, ver índices de custos do EPA Treatment Plant and Sewer Construction, mensalmente no WPCF journal). Os números acima foram tirados das curvas de custos do

Wastewater Treatment Plants, Planning, Design, and Operation, S. R. Qasim. Os custos são para fluxo específico de 10 milhões de galões por dia.

4.0 RESUMO

Foi apresentada uma descrição das etapas e tecnologias principais para tratamento de águas servidas municipais. As tecnologias foram comparadas com relação a características tais como desempenho, operação e custos. Uma série de tabelas, matrizes e comparações de texto são também apresentadas.

Este documento pode ser de utilidade para funcionários municipais e outras autoridades públicas e do setor privado que desejam examinar as opções existentes para o tratamento de águas servidas municipais. Os mencionados funcionários podem analisar estas tecnologias para determinar as que merecem maior consideração.

APÊNDICE A REFERÊNCIAS

Albertson, Orris E., Nutrient Control, Manual of Practice No. FD-7, Water Pollution Control Federation (now Water Environment Federation), Alexandria, VA, 1983.

Bailey, James E. and David F. Ollis, Biochemical Engineering Fundamentals, Chapter 14, 2nd Ed., McGraw-Hill, Inc., New York, 1986.

Cheremisinoff, Paul N., Sludge: Management and Disposal, Prentice-Hall, Inc., Englewood Cliffs, NJ, 1994.

Corbitt, Robert, Standard Handbook of Environmental Engineering, Chapter 6 "Wastewater Disposal," McGraw-Hill, Inc., New York, 1989.

Cuthbert, Lyle G., "Full Scale Deep Shaft Plants - Municipal", Deep Shaft Technology, Inc., 1996.

Daigger, Glen, "Biological Nutrient Removal," Municipal Wastewater Treatment Technology, Recent Developments, Noyes Data Corporation, Park Ridge, New Jersey, 1993.

Eckenfelder, W. Wesley, and Jack L. Musterman, Activated Sludge Treatment of Industrial Wastewater, Technomic Publishing Company, Lancaster, PA, 1995.

Eckenfelder, W. Wesley, Industrial Water Pollution Control, 2nd Ed., McGraw-Hill, Inc., New York, 1989.

Gerheart, R.A., "Use of Constructed Wetlands to Treat Domestic Wastewater, City of Arcata, California," Municipal Wastewater Treatment Technology, Noyes Data Corporation, Park Ridge, NJ, 1993.

Great Lakes-Upper Mississippi River Board of State Sanitary Engineers, "Recommended Standards for Sewage Works", Health Research Inc., Albany, NY, 1978.

Grogan, Timothy J., "Costs, Material Prices/Market Trends," Engineering News Record, McGraw-Hill, New York, May 6, 1996, pg. 152.

Hammer, Mark J., Water and Wastewater Technology, 2nd Ed., John Wiley & Sons, Inc., New York, 1986.

Handa, B. K., V. S. Kulkarni, and P. Khanna, "Ranking of Technology Options for Municipal Wastewater Treatment", Asian Environment, vol. 12 (3), pp. 28-40, 1990.

Harrison, John R., O&M of Fixed Film Reactors, Manual of Practice OM-10, Water Pollution Control Federation (now Water Environment Federation), Alexandria, VA, 1988.

Hertert, D., personal communication, September 24, 1996.

Hicks, Tyler G., Standard Handbook of Engineering Calculations, 2nd Ed., McGraw-Hill Book Co., New York, 1985.

Huang, Wen H., Dr., Construction Costs for Wastewater Tresatment Plants: 1973-1982, U.S. EPA reference number: EPA/430/9-83-004, Washington D.C., June 1983.

Jones, Myron, "Energy Efficient Aeration Systems for Wastewater Treatment," EPRI Industrial Program, Palo Alto, CA, 1993.

Masters, Gilbert M., Introduction to Environmental Engineering and Science, Prentice-Hall, Inc., Englewood Cliffs, NJ, 1991.

Mays, Larry W., Water Resources Handbook, McGraw-Hill, Inc., New York, 1996.

Noyes, Robert (Ed)., Unit Operations in Environmental Engineering, Noyes Publications, Park Ridge, NJ, 1994.

Outwater, Alice B., Reuse of Sludge and Minor Wastewater Residuals, CRC Press, Inc., Boca Raton, FL, 1994.

Palmer D.W., Shimp C. G., "New Jersey Wastewater Authority Buys Farmland for Biosolids Disposal", Water Engineering & Management, p.37, July 1995.

Peters, Max Stone, and K. D. Timmerhaus, Plant Design and Economics for Chemical Engineers, p. 163 and Appendix B, 4th Ed., McGraw-Hill, Inc., New York, 1991.

Pontius, Frederick W. (Ed.), Water Quality and Treatment: A Handbook of Community Water Supplies, 4th Ed., McGraw-Hill and American Water Works Association, New York, 1990.

"Proceedings of the U.S. Environmental Protection Agency Municipal Wastewater Treatment Technology Forum" 20-22 March, 1990, in Orlando FL, U.S. EPA, September, 1990.

Qasim, Syed R., Wastewater Treatment Plants: Planning, Design, and Operation, Technomic Publishing Company, Inc., 1994.

Randall, Clifford W., James L. Barnard, H. David Stensel, Water Quality Management Library - Volume 5: Design and Retrofit of Wastewater Treatment Plants for Biological Nutrient Removal, Technomic Publishing Company, Lancaster, PA, 1992.

Rittman, Professor, CE 442 Class Notes and Readings, University of Illinois, Spring 1992.

Science Applications International Corporation, "Summary Report, Small Community Water and Wastewater Treatment," Prepared for U.S. EPA, EPA/625/R-92/010, 1992.

Tchobanoglous, George, and Franklin L. Burton, Wastewater Engineering: Treatment, Disposal, and Reuse / Metcalf & Eddy, Inc., 3rd Ed., McGraw-Hill, New York, 1991.

U.S. Environmental Protection Agency, Construction Costs for Municipal Wastewater Treatment Plants: 1973-1982, EPA/430/9-83-004, June 1983.

U.S. Environmental Protection Agency, Design Manual, Municipal Wastewater Disinfection, EPA/625/1-86/021, October 1986.

U.S. Environmental Protection Agency, Manual: Nitrogen Control, EPA/625/R-93/010, September 1993.

U.S. Environmental Protection Agency, Manual: Wastewater Treatment/Disposal for Small Communities, EPA/625/R-92/005, September, 1992.

U.S. Environmental Protection Agency, "Municipal Wastewater Treatment Technology: Recent Developments," Noyes Data Corporation, Ridge Park, NJ, 1993.

U.S. Environmental Protection Agency, "POTW Expert, Version 1.1, An Advisory System for Improving the Performance of Wastewater Treatment Facilities," EPA/625/11-90/001, Center for Environmental Research Incormation, Cincinnati, 1991.

Water Engineering & Management, "Installing Advanced Disinfection Hardware Achieves Plant Upgrade", p.24, March 1995.

Water Environment Federation, Pretreatment of Industrial Wastes, Manual of Practice No. FD-3, Alexandria, VA, 1994.

Water Environment Federation and the American Society of Civil Engineers, Design of Municipal Wastewater Treatment Plants, Vol. 1 & 2, Alexandria, VA, 1991.

White, Martin (Ed.), "2nd International Conference on Advances in Water and Effluent Treatment," 8-10 December, 1993 in Cumbria, UK, Mechanical Engineering Publications Limited, London, 1993.

APÊNDICE B ASSOCIAÇÕES E ORGANIZAÇÕES

American Consulting Engineers Council
Howard M. Messner, Executive Vice President
Suite 802
1015 15th Street, NW
Washington, DC 20005
tel. 202-347-7474
fax 202-898-0068

A ACEC é uma associação e firmas de consultoria americanas de engenharia e inclui firmas que trabalham com projeto, construção, operação e gerenciamento da estrutura de abastecimento de água e tratamento de água servida. A ACEC publica uma relação de membros, e o *International Engineering Directory* (Guia Internacional de Engenharia) que são recursos úteis para a identificação de firmas de consultoria americanas de engenharia.

American Society of Civil Engineers
James E. Davis, Executive Director
Suite 600
1015 15th Street, NW
Washington, DC 20005
tel 202-789-2200

A ASCE é a sociedade profissional de engenheiros civis americanos. A sociedade patrocina atividades técnicas e profissionais na área de engenharia de recursos hídricos e águas servidas.

American Water Works Association
John B. Mannion, Executive Director
6666 West Quincy Avenue
Denver, CO 80235
tel. 303-794-7711
fax 303-795-1440
Web address: http://www.awwa.org/

A AWWA é uma associação de serviços públicos de recursos hídricos dos EUA e do Canadá que dá apoio a pesquisa, desenvolvimento de padrões e serviços de informações sobre projetos, construções, operações e manutenção de sistemas de abastecimento de água.

Environmental Business Council of New England
Merna Hurd, President
150 Federal Street, 23rd Floor
Boston, MA 02110-1726
tel. 617-737-0060
fax 617-951-8736

O EBC da Nova Inglaterra é uma associação de prestadores de bens e serviços ambientais.

Environmental Export Council
John Mizroch, Executive Director
P.O. Box 77287
Washington, DC 20013
tel. 202-466-6933
fax 202-789-1623

O EEC é uma associação de prestadores de serviços e equipamentos ambientais dos EUA. O conselho trabalha juntamente com o setor, o governo e outras entidades para promover o comércio internacional e a troca de tecnologias ambientais. O EEC e o seu Grupo de Trabalho de Recursos Hídricos da América Latina estão trabalhando em conjunto com as autoridades brasileiras e a Agência dos EUA para o Desenvolvimento Internacional para promover a participação do setor privado dos EUA no desenvolvimento da infra-estrutura hídrica e de águas servidas do Brasil.

International Water Conference
Engineers' Society of Western Pennsylvania
The Pittsburgh Engineers' Building
337 Fourth Avenue
Pittsburgh, PA 15222
tel. 412-261-0710,

A International Water Conference é uma conferência técnica sobre o tratamento de recursos hídricos, com ênfase nos especialistas-usuários finais, nas áreas de tecnologias industriais, de serviços públicos e de águas servidas. A 57th Annual International Water Conference (57ª Conferência Internacional Anual de Recursos Hídricos) foi realizada em outubro de 1996 em Pittsburgh, Pensilvânia.

NACE International
(formerly the National Association of Corrosion Engineers)
G.M. Shenkel, Director

P.O. Box 218340
Houston, TX 77218
tel. 713-492-0535
fax 713-492-8254

A NACE é uma associação profissional de engenheiros de corrosão. A corrosão é um dos principais problemas da infra-estrutura hídrica e de água servida.

Purdue Waste Conference
Attn.: Dr. Jim E. Alleman
Purdue University
School of Civil Engineering
West Lafayette, IN 47907-1284
tel. 317-494-7705
fax 317-496-1107

A Purdue Waste Conference é uma conferência técnica importante sobre tratamento de resíduos industriais e tóxicos, inclusive águas servidas industriais. A 51st Annual Industrial Water Conference (51ª Conferência Anual de Águas Industriais) foi realizada em maio de 1996.

U.S. Environmental Protection Agency
401 M Street, SW
Washington, DC 20460
Office of Water: tel. 202-260-5700
Office of International Activities: tel. 202-260-4870
EPA's water page web address: http://www.epa.gov/OWOW/

A EPA, o Organismo de Proteção Ambiental dos EUA, é responsável pela maioria da regulamentação ambiental federal. O órgão também apoia a pesquisa, desenvolvimento, assistência técnica e divulgação de informações. O Setor de Recursos Hídricos da EPA possui jurisdição sobre a qualidade da água, inclusive água potável e descarga de efluentes. O Setor de Atividades Internacionais é responsável pela cooperação ambiental internacional e assistência técnica.

Water and Wastewater Equipment Manufacturers Association
Dawn C. Kristof, President
P.O. Box 17402
Dulles International Airport
Washington, DC 20041
tel. 703-444-1777
fax 703-444-1779

A WWEMA é uma associação de fabricantes de equipamentos para obras hidráulicas, tratamento de águas servidas e controle de resíduos industriais. O *Membership Directory and Product Guide* (Guia de Produtos e Diretório de Membros) da associação é um recursos útil para identificar fornecedores norte-americanos de equipamentos para tratamento de recursos hídricos e águas servidas. A WWEMA trabalha ativamente na promoção do comércio internacional de bens e serviços ambientais.

Water Environment Federation
Dr. Quincalee Brown, Executive Director
601 Wythe Street
Alexandria, VA 22314-1994
tel. 703-684-2400
fax 703-684-2492
Web address: http://www.wef.org

A WEF é uma sociedade técnica de cientistas, engenheiros, funcionários municipais, operadores de usinas, fabricantes de equipamentos e outras pessoas interessadas nos temas relativos à qualidade dos recursos hídricos. A WEF dá apoio à pesquisa e à educação. Oferece cursos de capacitação, publicações, vídeos e conferências sobre temas relacionados à qualidade dos recursos hídricos, incluindo projetos, operações e manutenção de instalações de águas e águas servidas.

APÊNDICE C GUIAS PARA OS COMPRADORES E ÍNDICES DE FORNECEDORES

Uma séria de revistas do setor, periódicos profissionais e associações publicam guias anuais para compradores assim como índices de fornecedores que são relevantes para identificar prestadores de serviços, fornecedores de produtos relacionados a recursos hídricos e águas servidas. O Thomas Register é um guia bastante extenso de firmas norte-americanas em todos os setores de manufatura (não apenas recursos hídricos e águas servidas).

"Buyer's Guide & Yearbook," Water Environment Federation, 601 Wythe Street, Alexandria, VA 22314. Telefone 703-684-2400. Web site: http://www.wef.org

"Environmental Solutions", Advanstar Communications, Inc., 201 E. Sandpointe Ave., Suite 600, Santa Ana, CA 92707. Telefone: 714-513-8400 (ISSN 0898-5685).

"Chemical Engineering", McGraw-Hill Companies, Inc., 1221 Avenue of the Americas, New York, NY 10020. Telefone: 212-512-2000 (ISSN 0009-2460). Web site: http://www.che.com

"Environmental Engineers Selection Guide," American Academy of Environmental Engineers, 130 Holiday Court, No. 100, Annapolis, MD 21401. Telefone 410-266-3311.

"Environmental Science & Technology", The American Chemical Society, 1155 16th Street, N.W. Washington, DC 20036. Telefone: 202-872-6316 (ISSN 0013-936X).

"International Engineering Directory" and "Membership Directory," American Consulting Engineers Council, Suite 802, 1015 15th Street, NW, Washington, DC 20005. Telefone 202-347-0068.

"Membership Directory and Product Guide," Water and Wastewater Equipment Manufacturers Association, P.O. Box 17402, Dulles International Airport, Washington, DC 20041. Telefone 202-444-1777.

"Pollution Engineering", Cahners Publishing Company, 8773 S. Ridgeline Blvd., Highlands Ranch, CO 80126. Telefone: 303-470-4445 (ISSN 0032-3640).

"Pollution Equipment News", Rimbach Publishing Inc., 8650 Babcock Boulevard, Pittsburgh, PA 15237. Telefone: 412-364-5366.

"Power", McGraw-Hill Companies, Inc., 11 West 19th Street, New York, NY 10011. Telefone: 609-426-5667 (ISSN 0032-5929).

Thomas Register, Thomas Publishing Company, Five Penn Plaza, New York, NY 10001. Telefone: 212-695-0500. Web site: http://www.thomasregister.com

"Water & Wastes Digest", Scranton Gillette Communications, Inc., 380 E. Northwest Highway, Des Plaines, IL 60016. Telefone: 847-298-6622 (ISSN 0043-1141). Web site: http://WWDigest.com

"WaterWorld", PennWell Publishing Company, 1421 S. Sheridan Road, Tulsa, OK 74112. Telefone: 918-831-9862 (ISSN 1068-5839). Web site: http://www.waterworld.com

APÊNDICE D WEB SITES

Organização	Conteúdo	Site
American Water Works Assn.	Associação de abastecimento de água	http://www.awwa.org/
Chemical Engineering Magazine	Publicação de Periódicos	http://www.che.com
Chemical Marketing Reporter	Comércio químico (preços atuais)	http://www.chemexpo.com
Electric Power Research Institute	Eletrotecnologias para águas servidas	http://www.epri.com/96plan/csg/iats/iats2.html
EPA	Página da EPA sobre água	http://www.epa.gov/OWOW/
EPA Office of Water	Ponto de intercâmbio de informações	http://pipes.ehsg.saic.com/pipes.htm
IBGE	Estatísticas sobre o Brasil	http://www.ibge.gov.br/english/e-home.htm
PennWall Publishing	Publicação de periódicos	http://www.penwall.com
Pollution Online	Informações e links de indústrias ambientais	http://www.pollutiononline.com
Public Works Online	Informações e links de obras públicas	http://www.publicwork.com
Remco	Companhia de tratamento de água	http://remco.com/~remcobob/home.htm
Thomas Register	Relação de fornecedores	http://www.thomasregister.com
University of California at LA	Pré-tratamento de águas servidas industriais	http://cct.seas.ucla.edu/cct.ww.html
University of Cracow	Links de tecnologias de água	http://www.uci.agh.edu.pl/polconn/water.htm
Utility Plant Directory	Estudos de caso	http://www.caeconsultants.com/plant.htm#wastewater
Virtual Library	Engenharia de águas servidas	http://www.halcyon.com/cleanh2o/ww/commerce.html
Virtual Library	Estudos de usinas de tratamento de água	http://www.halcyon.com/cleanh2o/ww/muniwater.html
Virtual Library	Lista de livros de referência	http://www.halcyon.com/cleanh2o/ww/book1.html
Virtual Library	Métodos de tratamento de dejetos	http://www.halcyon.com/cleanh2o/ww/wwt1.html
Water & Wastes Digest	Fornecedores de equipamentos	http://WWDigest.com
Water Engineering & Management	Publicações sobre recursos hídricos	http://WaterEM.com
Water Engineering Management	Publicações sobre recursos hídricos	http://waterem.com/waterem.html
Water Online	Links de empresas de recursos hídricos	http://wateronline.com
Water Web	Informação sobre tecnologia hídrica	http://www.waterweb.com
Water World Magazine	Dados técnicos sobre recursos hídricos	http://www.waterworld.com

APÊNDICE E. ÍNDICE E EXPLICAÇÕES DOS ATRIBUTOS

Categoria	Atributo	Explicação do Atributo
Fluxo:	Período de detenção (min.):	Medida do tempo que o fluxo de águas servidas permanece/deve permanecer em determinada aplicação tecnológica para tratamento.
	Manejo de variabilidade:	Descrição relativa de quão bem a tecnologia atua sob condições de fluxo variáveis. “Altamente eficaz” significa que a tecnologia é muito eficaz no manejo de taxas variáveis de fluxo. “Eficácia Moderada” e “Menos Eficácia” são outros termos descritivos usados para este atributo.
	Velocidade de aproximação (m/s):	Medida da velocidade com que o fluxo de águas servidas se aproxima de uma determinada aplicação tecnológica para tratamento
	Taxa de transbordamento (m^3/dia/m^2):	Medida do volume e taxa em que o fluxo de águas servidas sai de determinada aplicação tecnológica de tratamento
Composição Do Influente	Largura da peneira (mm):	Medida da distância entre os elementos de peneiragem usados em tecnologias de peneiragem
	Comprimento do corte (mm):	Medidas do comprimento em que os sólidos do fluxo de águas servidas são cortados por fragmentadores e trituradores
	Taxa de carga dos SS (kg/m^2/h):	Medida da taxa em que os sólidos suspensos se aproximam do assentamento/clarificação/sedimentação
Tratamento	Taxa de remoção do DBO (%, média):	A porcentagem média da demanda biológica de oxigênio (DBO) removida do fluxo de águas servidas
	Taxa de remoção do TSS (%, média):	A porcentagem média do total dos sólidos suspensos (TSS) removido do fluxo de águas servidas por uma determinada tecnologia
	Produtos derivados:	Materiais gerados pelo uso/operação de uma tecnologia que requer manejo ou atenção adicional. Entre estes materiais encontram-se: peneirados, lodo e dejetos sólidos
Equipamento	Facilidade de operação:	Descrição relativa da facilidade com que uma determinada tecnologia é usada. Entre os fatores considerados na designação das notas fácil, médio e difícil encontram-se a quantidade de treinamento e formação necessária, o número de operadores necessários e o grau de dificuldade de operação ou manutenção de uma determinada tecnologia
	Exigências de espaço:	Descrição relativa das exigências de espaço de um determinado equipamento: altas, médias e baixas
	Confiabilidade:	Descrição relativa da confiabilidade de uma tecnologia: alta, média e baixa. Um dos fatores considerados na designação de notas foi o número relativo de partes móveis
	Robustez:	Descrição relativa da robustez de uma tecnologia: alta, média e baixa. Entre os fatores considerados na designação de notas encontram-se a capacidade de suportar circunstâncias em comum (i.e., taxa alta de fluxo, concentração alta, etc.), a facilidade com que o processo pode ser desligado e reiniciado e a capacidade de aceitar mudanças nas condições de operação
Estimativa de custo	Capital:	Estimativa do capital inicial necessário para construir/instalar a tecnologia. Os dados são fornecidos em dólares (milhares de US$) ou em termos relativos: mais caro, custo médio ou menos caro.
	Operação e manutenção/ano:	O custo anual aproximado para operar e manter (mão de obra e material) determinada tecnologia Os dados são fornecidos em dólares (milhares de US$) ou em termos relativos: mais caro, custo médio ou menos caro.
	Energia/:	Custo anual aproximado de energia para determinada tecnologia. Os dados são fornecidos em dólares (milhares de US$) ou em termos relativos: mais caro, custo médio ou menos caro.