

Ministério da Saúde

FIOCRUZ

Fundação Oswaldo Cruz



“Subsídios para o estudo da relação custos-efetividade de sistemas de tratamento de esgoto”

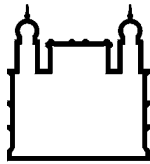
por

Washington Luiz Mourão Silva

Dissertação apresentada com vistas à obtenção do título de Mestre em Ciências na área de Saúde Pública.

Orientador: Prof. Dr. Enio Tourasse

Rio de Janeiro, julho de 1996.



Ministério da Saúde

FIOCRUZ

Fundação Oswaldo Cruz



Esta dissertação, intitulada

“Subsídios para o estudo da relação custos-efetividade de sistemas de tratamento de esgoto”

apresentada por

Washington Luiz Mourão Silva

foi avaliada pela Banca Examinadora composta pelos seguintes membros:

Prof. Dr. Hélio Wanderley Uchoa

Prof. Dr. Szachna Eliaz Cynamon

Prof. Dr. Enio Tourasse – Orientador

Dissertação defendida e aprovada em 25 de julho de 1996.

Catálogo na fonte
Instituto de Comunicação e Informação Científica e Tecnológica
Biblioteca de Saúde Pública

S586s Silva, Washington Luiz Mourão
Subsídios para o estudo da relação custos – efetividade dos
sistemas de tratamento de esgotos. / Washington Luiz Mourão
Silva. -- 1996.
45 f. : graf.

Orientador: Enio Tourasse
Dissertação (Mestrado) – Escola Nacional de Saúde Pública
Sergio Arouca, Rio de Janeiro, 1996.

1. Redes de Esgoto. 2. Tratamento de Águas Residuárias.
3. Análise Custo-Benefício. I. Título.

CDD – 22.ed. – 628.3

AGRADECIMENTOS

Ao Prof. Dr. *Szachna Eliaz Cynamon* pelo apoio integral na criação do trabalho.

Ao Prof. Dr. *Enio Tourasse*, meu orientador, pela paciência e compreensão face a minha desorganização, principalmente no que concerne aos tempos de realização do trabalho.

Aos demais professores, pesquisadores e colegas do Departamento de Saneamento e Saúde Ambiental e da Fundação Oswaldo Cruz pela Solidariedade.

Aos colegas *Regina Célia Torres Chousa*, *Carlos Roberto Coelho Junior*, *Ronaldo Madeira D'Águila* e *Cristiane Souza de Mello*, pela ajuda imensurável na elaboração do trabalho.

Ao meus familiares e pessoas queridas pela compreensão nos momentos de nervosismo.

A Deus pela possibilidade de me permitir, nessa sociedade tão desigual em que vivemos, ter momentos de criação em favor de uma coletividade.

ÍNDICE

Sumário.....	iv
Abstract.....	v
Abreviaturas usadas.....	vi
Introdução.....	07
Capítulo I – Justificativa.....	08
Capítulo II – Objetivos.....	11
Capítulo III – Metodologia.....	12
Capítulo IV – Sistemas de tratamento de Esgotos do Rio de Janeiro.....	13
Destinos de Dejetos e Tratamento de Esgotos	
Capítulo V – Custos de Sistemas de Tratamento de Esgotos.....	35
Comparação de Custos Entre Sistemas de	
Tratamento de Esgotos	
Capítulo VI – Conclusão.....	36
Referências Bibliográficas.....	37
ANEXOS.....	39

SUMÁRIO

O trabalho visa reunir e apresentar subsídios para uma maior discussão sobre a relação custos-efetividade dos sistemas de tratamento de esgotos, diante do baixo nível de atenção dos responsáveis pela prestação do serviço e de modo a obter soluções para melhor controle de proteção ambiental, através do equacionamento dos problemas que hoje assumem dimensão maior como por exemplo o Projeto de Despoluição da Baía de Guanabara, que prevê recursos da ordem de centenas de milhões de dólares com a execução de dezenas de estações de tratamento, sem levar em consideração o estado das dificuldades da realização das atuais estações de tratamento de esgotos.

ABSTRACT

The aim of this work is to present subsidies to allow an increased discussion on the cost-effectiveness of sewage treatment. The discussion is badly needed as a result of the little attention given so far to those responsible for these services. This would provide us with solutions for a better control of environmental protection measures, through the solution of problems which are now gaining more importance with the huge Project of Depollution of the Guanabara Bay which involves the investments of hundreds of thousands of dollars to be driven to the construction of dozens of sewage treatment plants without taking into account the existing difficulties of the present plants.

ABREVIATURAS USADAS

ETE'S – Estações de Tratamento de Esgoto

ETE – Estação de Tratamento de Esgoto

PAPES/FIOCRUZ – Programa de Apoio à Pesquisa em Saúde da Fundação
Oswaldo Cruz

COOTRAM – Cooperativa dos Trabalhadores Autônomos do Complexo de
Manguinhos Ltda.

CEDAE – Companhia Estadual de Água e Esgotos do Rio de Janeiro

DBO – Demanda Bioquímica de Oxigênio

N – Nitrogênio

P – Fósforo

INTRODUÇÃO

Dentro do campo de Saúde Pública as ações de saneamento, de início voltadas para os aspectos únicos de saúde e doença do homem, voltam-se nos anos recentes para a saúde do ambiente como uma necessidade não só de saúde humana, mas vital para a sua sobrevivência e a proteção ambiental.

A proteção ambiental nos leva a necessidade de controle e proteção contra a poluição hídrica, gasosa e sólida. O controle requer o tratamento das águas residuárias antes do seu lançamento na natureza e uma das suas facetas principais na área urbana, que afeta a saúde pública, é o esgoto sanitário que cresce à medida que aumenta a população humana e as redes de esgoto sanitário (Quadro 1 em anexo).

CAPÍTULO I – JUSTIFICATIVA

É fato conhecido que os esgotos sanitários no Brasil só atingem cerca de 20% da população urbana e a parte de esgotos tratados não passa de 10% (Quadro 2 em anexo).

As explicações apontadas são várias:

1. Falta de conhecimento.
2. Alto custo das redes e do tratamento.
3. Dificuldades de operação e manutenção.
4. Desinteresse político diante de obras que ficam enterradas.
5. Validade do tratamento final.

Não há condições do homem viver sem água, e com o complexo urbano vem a necessidade de sistemas e redes de abastecimento. Com a existência de água canalizada se produz esgotos e a necessidade de sistemas de esgotos que devem ser encaminhados para tratamento. São motivos estéticos, de incomodidade de saúde e de proteção ambiental que requerem o tratamento.

Existem diversos métodos, ditos cada um mais ou menos eficazes no tratamento e mais ou menos caros.

As questões que se colocam são, além da viabilidade, sua validade.

Nas visitas que fizemos a algumas estações de tratamento de esgotos nos defrontamos um bom número de vezes com o seu rápido obsoletismo e delapidações, mesmo em muitos casos de ETE's caras e às vezes de inauguração recente.

Quais os motivos?

Desinteresse político administrativo que faz com que para uma ETE que custou milhões, não se consiga comprar, literalmente, um parafuso quando necessário.

A desconfiança quanto a validade do método e de seus resultados, devidas em boa parte as dificuldades e o alto custo dos procedimentos de operação.

Mas até que ponto e cara a operação? O Professor Dr. Szachna Elias Cynamon nos afirma que em projetos seus, em parceria com o Professor Odir Clécio da Cruz Roque, para tratamento de esgotos de 10 (dez) matadouros de galinhas no Rio de Janeiro, o custo médio estimado de implantação era de US\$ 500 para abate de 1000 (mil) aves. Já o custo estimado de uma única análise simples do efluente orçava em US\$ 100 (década de 70). Logo para um matadouro de 10.000 (dez mil) aves, em um ano, o custo de análise semanal dos esgotos seria superior ao do custo de investimento. É bom lembrar que para o tipo de tratamento anacróbio-acróbio em valos, usados até então, o número de análises, uma por semana, não é nem de longe suficiente.

Tratar sem ter condições de avaliar o tratamento tira dos operadores e do usuário toda confiança e respeito pelo tratamento.

Por outro lado, os métodos de monitoramento antes promissores como o de uso de peixes, nitrosomonas e de dafnia, à de sua normatização, foram sendo cada vez mais elaborados e com isso perdendo em simplicidade, preço e facilidade de execução.

Testes relativamente simples como os de estabilidade, sólidos decantáveis e condutividade também deixaram de ser usados por obsolescência e, desse modo, perde-se a oportunidade de realização de um controle mais elementar, mas sempre tem um instrumento de avaliação confiável dentro de limites.

Esse trabalho procura reunir e apresentar subsídios para um maior debate sobre o tema, de modo a se obter soluções para o equacionamento dos problemas que hoje assumem importância maior com o Projeto de Despoluição (melhor dizendo: Antipoluição) da Bahia de Guanabara, que prevê dispêndios de centenas de milhões de dólares, com a execução de dezenas de estações de tratamento.

CAPÍTULO II – OBJETIVOS

GERAL:

Oferecer subsídios para instrumentar o melhor controle da proteção ambiental, através de mecanismo mais efetivo do tratamento dos esgotos sanitários para redução da poluição.

ESPECÍFICOS:

- Trabalho acadêmico de Dissertação para obtenção do título de Mestre em Saúde Pública.
- Análise de problemas atuais de esgotos sanitários, seu tratamento e custos para instrumentar novas políticas.

CAPÍTULO III – METODOLOGIA

Observação inicial. Era nosso objetivo a visita e o recolhimento de dados primários relativos a custos, operação e manutenção de estações de tratamento de esgotos.

Não tendo sido possível liberar-me das funções de vice-chefe do Departamento de Saneamento e Saúde Ambiental, coordenador do Subprojeto de Esgotamento Sanitário e Drenagem Urbana do Projeto Articulado de Melhoria de Qualidade de Vida – Universidade Aberta do Programa PAPES/FIOCRUZ, Secretário-Executivo da COOTRAM e mais atividades docentes no Núcleo de Desenvolvimento Gerencial – NDG da Escola Politécnica de Saúde Joaquim Venâncio e na própria Escola Nacional de Saúde Pública – ENSP, e diante das dificuldades e delongas burocráticas para obtenção dos dados, nos ativemos a:

1. Recorrer aos apontamentos de visitas feitas durante o recente Curso de Engenheiros de Saúde Pública.
2. Entrevistas com profissionais.
3. Uso de bibliografias.

CAPÍTULO IV – SISTEMAS DE TRATAMENTO DE ESGOTOS DO RIO DE JANEIRO

O Professor Dr. Szachna Eliaz Cynamon em sua disciplina de saneamento básico e de tratamento de águas residuárias afirma que o melhor lugar para se aprender tratamento de esgotos é o Rio de Janeiro, onde existem os mais diversos tipos de estações de tratamento de esgotos, empregando os mais diferentes métodos, pequenas, médias e grandes porte, compactas, pré-moldadas, convencionais, lodos ativados, valos, lagoas de estabilização, biofiltros e oxidação prolongadas. Durante o Curso de Engenheiros de Saúde Pública visitamos várias.

No que pese o reconhecido valor e seriedade dos técnicos da CEDAE, as estações de tratamento de esgotos, sem exceção, tem problemas de manutenção e, em consequência, de operação.

Em visita com colegas do Curso de Engenheiros de Saúde Pública a uma notável estação de tratamento de esgotos, o profissional que nos acompanhava nos informa que na 6ª feira os filtros biológicos são afogados para controle da psicoda, o que é correto, mas o mesmo se verifica em visitas realizadas numa, 5ª, 4ª, 3ª ou 2ª feiras. O filtro não funciona por defeitos da estrutura do prédio.

Em outras ETE's o esgotamento do lodo dos digestores não ocorre nos tempos regulares porque, simplesmente, não existe.

Em outra ETE o efluente, parcialmente tratado, é lançado diretamente sobre uma favela a jusante.

Laboratórios não cumprem suas rotinas pela falta de peças para os equipamentos, reativos e até a falta de equipamentos.

É comum ter partes das ETE's fora de funcionamento.

Nas ETE's compactas particulares o funcionamento, sem controle, é precário, peças param e o esgoto, sem tratamento é lançado direto. A maioria de porteiros e síndicos não sabem como elas devem funcionar e o papel que exercem.

Destino de Dejetos e Tratamento de Esgotos

Obedecendo uma ordem comum de classificação as soluções podem ser grupadas em soluções individuais, casa a casa, quando não há rede coletiva de esgotos e soluções coletivas que envolvem redes de esgotamento.

Nos sistemas individuais para que se tenha boa solução técnica é necessário evitar o contato direto dos dejetos com o homem, alimentos, vetores e água de abastecimento.

Essas soluções podem ser grupadas em soluções sem veiculação hídrica, também chamadas estatísticas. Como exemplos: privada de fossa seca, de fermentação química e outras, que dispensam água canalizada e são mais aplicadas em situações de área rural e mais primitivas, seguem para o tanque séptico, fossa absorvente (exemplo de absorção) e na falta de capacidade de absorção do solo, fossa de pedra. São soluções já evoluídas e se aplicam geralmente em áreas sem rede de esgotos.

Com a dificuldade de absorção pelo solo dos efluentes, o aumento da densidade humana e com água de abastecimento canalizada, as soluções coletivas passam a se constituir em obrigatórias.

O manejo e a destinação dos esgotos vão depender de exigências sanitárias e de proteção ambiental; de condições dos corpos receptores e seus usos; e de disponibilidade de recursos e técnica.

Para atender as necessidades foram inventadas ao do tempo um grande número de soluções, que de uma forma extremamente simples se constituem na separação da fase líquida e da fase sólida dos esgotos; tratamento da fase sólida e tratamento da fase líquida.

Em todos os métodos, como quase constante, detectam-se em ordem e grau de complexidade, segundo necessidades e exigências de tratamento, as seguintes etapas de tratamento: preliminar, primário, secundário, terciário ou especiais.

Dependendo da situação um esgoto poderá ter que ser submetido a todas as etapas ou simplesmente a algumas delas.

O tratamento preliminar no geral constante de: grade, caixa de areia, medidor de Parshall e removedor de gordura, destina-se a remoção de material grosseiro e granular inerte para atendimento estético e evitar entupimentos; regularização de velocidades entre limites e remoção de gordura.

O tratamento primário destina-se a remoção e posterior tratamento da matéria orgânica em suspensão (DBO), sob forma de lodo, e tratamento parcial da fase líquida (decantação primária e digestão de lodos).

O tratamento secundário destina-se ao tratamento da matéria orgânica coloidal e a dissolvida (DBO em suspensão remanescente e DBO solúvel).

De maneira sucinta descrevemos os principais sistemas de tratamento de esgotos a nível secundário e apresentamos uma análise comparativa dos principais sistemas de tratamento de esgotos, através de um balanço de vantagens e desvantagens.

Lagoas de Estabilização:

- **Lagoa facultativa** – A DBO solúvel e finamente particulada é estabilizada aerobiamente por bactérias no fundo da lagoa. O oxigênio requerido pelas bactérias aeróbias é fornecido pelas algas, através da fotossíntese.
- **Lagoa anaeróbia – lagoa facultativa** – A DBO é em torno de 50% estabilizada na lagoa anaeróbia (mais profunda e com menor volume), enquanto a DBO remanescente é removida na lagoa facultativa.
- **Lagoa aerada facultativa** – Os mecanismos de remoção da DBO são similares aos de uma lagoa facultativa. No entanto, o oxigênio é

fornecido por aeradores mecânicos, ao invés de através da fotossíntese. Como a lagoa é também facultativa, uma grande parte dos sólidos do esgoto e da biomassa sedimenta.

- **Lagoa aerada de mistura completa – lagoa facultativa** – A Energia introduzida por unidade de volume da lagoa é elevada, o que faz com que os sólidos (principalmente a biomassa) permaneçam dispersos no meio líquido, ou em mistura completa. A decorrente maior concentração de bactérias no meio líquido aumenta a eficiência do sistema de remoção da DBO, o que permite que a lagoa tenha um volume inferior ao de uma lagoa aerada facultativa. No entanto, o efluente contém elevados teores de sólidos (bactérias), que necessita, ser removidos antes do lançamento no corpo receptor. A lagoa facultativa a jusante proporciona condições para esta remoção, além de prover um polimento no efluente.
- **Lagoa aerada de mist. Compl. – lagoa de decantação** – Similar ao sistema anterior, com a diferença de que a unidade de decantação é constituída por uma lagoa de menores dimensões. O lodo da lagoa de decantação deve ser removido em períodos de poucos anos.

Lodos Ativados:

- **Lodos ativados convencional** – A concentração de biomassa no reator é bastante elevada, devido à recirculação dos sólidos (bactérias) sedimentadas no fundo do decantador secundário. A biomassa permanece mais tempo no sistema do que o líquido, o que garante uma elevada eficiência na remoção da DBO. Há a necessidade da remoção de uma quantidade de lodo (bactérias) equivalente à que é produzida. Este lodo removido necessita uma estabilização na etapa de tratamento do lodo. O fornecimento de oxigênio é feito por aeradores mecânicos

ou por ar difuso. A montante do reator há uma unidade de decantação primária, de forma a remover os sólidos sedimentáveis do esgoto bruto.

- **Lodos ativados por aeração prolongada** – Similar ao sistema anterior, com a diferença de que a biomassa permanece mais tempo no sistema (os tanques de aeração são maiores). Com isto, há menos DBO disponível para as bactérias, o que faz com que elas se utilizem da matéria orgânica do próprio material celular para a sua manutenção. Em decorrência, o lodo excedente retirado (bactérias) já sai estabilizado. Não se incluem usualmente unidades de decantação primária.
- **Lodos ativados de fluxo intermitente** – A operação do sistema é intermitente. Assim, no mesmo tanque ocorrem, em fases diferentes, as etapas de reação (aeradores ligados) e sedimentação (aeradores desligados). Quando os aeradores estão desligados, os sólidos sedimentam, ocasião em que se retira o efluente (sobrenadante). Ao se religar os aeradores, os sólidos sedimentados retornam à massa líquida, o que dispensa as elevatórias de recirculação. Não há decantadores secundários.

Filtros Biológicos:

- **Filtro de baixa carga** – A DBO é estabilizada aerobiamente por bactérias que crescem aderidas a um meio suporte (comumente pedras). O esgoto é aplicado na superfície do tanque através de distribuidores rotativos. O líquido percola pelo tanque, saindo pelo fundo, ao passo que a matéria orgânica fica retida pelas bactérias. Os espaços livres são vazios, o que permite a circulação de ar. No sistema de baixa carga, há pouca disponibilidade de DBO para as bactérias, o que faz com que as mesmas se autodigiram, saindo estabilizadas do sistema. As placas de

bactérias que se despregam das pedras são removidas no decantador secundário. O sistema necessita de decantação primária.

- **Filtro de alta carga** – Similar do sistema anterior, com a diferença de que a carga de DBO aplicada é maior. As bactérias (lodo excedente) necessitam de estabilização no tratamento do lodo. O efluente do decantador secundário é recirculado para o filtro, de forma a diluir o afluente e garantir uma carga hidráulica homogênea.
- **Biodisco** – Os biodiscos não são filtros biológicos, mas apresentam a similaridade de que a biomassa cresce aderida a um meio suporte. Este meio é provido por discos que giram, ora expondo a superfície ao líquido, ora ao ar.

Sistema Anaeróbios:

- **Reator anaeróbio de manta de lodo** – A DBO é estabilizada anaerobiamente por bactérias dispersas no reator. O fluxo líquido é ascendente. A parte superior do reator é dividida nas de sedimentação e de coleta de gás. A zona de sedimentação permite a saída do efluente clarificado e o retorno dos sólidos (biomassa) ao sistema, aumentando a sua concentração no reator. Entre os gases formados inclui-se o metano. O sistema dispensa decantação primária. A produção do lodo é baixa, e o mesmo já sai estabilizado.
- **Filtro anaeróbio** – A DBO é estabilizada anaerobiamente por bactérias aderidas a um meio suporte (usualmente pedras) no reator. O tanque trabalha submerso, e o fluxo ascendente. O sistema requer decantação primária (frequentemente fossas sépticas). A produção de lodo é baixa, e o mesmo já sai estabilizado.

Disposição no Solo:

- **Infiltração lenta** – Os esgotos são aplicados ao solo, fornecendo água e nutrientes necessários para o crescimento das plantas. Parte do líquido é evaporada, parte percola no solo, e a maior é absorvida pelas plantas. As taxas de aplicação no terreno são bem baixas. O líquido pode ser aplicado segundo os métodos da aspersão, do alagamento, e da crista e vala.
- **Infiltração rápida** – Os esgotos são dispostos em bacias rasas. O líquido passa pelo fundo poroso e percola pelo solo. A perda por evaporação é menor, face às maiores taxas de aplicação. A aplicação é intermitente, proporcionando um período de descanso para o solo. Os tipos mais comuns são: percolação para a água subterrânea, recuperação por drenagem subsuperficial e recuperação por poços freáticos.
- **Infiltração subsuperficial** – O esgoto pré-decantado é aplicado abaixo do nível do solo. Os locais de infiltração são preenchidos com um meio poroso, no qual ocorre o tratamento. Os tipos mais comuns são as valas de infiltração e os sumidouros.
- **Escoamento superficial** – Os esgotos são distribuídos na parte superior de terrenos com uma certa declividade, através do qual escoam, até serem coletados por valas na parte inferior. A aplicação é intermitente. Os tipos de aplicação são: aspersores de alta pressão, aspersores de baixa pressão e tubulações ou canais de distribuição com aberturas intervaladas.

Valos:

- **Valos de oxidação com rotores de eixo horizontal** – Operação intermitente com parada dos rotores para decantação dos lodos, mandados a seguir para secagem.

- **Valos anaeróbio e aeróbio fechados com movimentação contínua** – Movimentação, aeração e recirculação de lodos feitos com sistema de bombas e manobras de registro.

Análise Comparativa dos Principais Sistemas de Tratamento de Esgotos – Balanço de Vantagens e Desvantagens

Sistemas de Lagoas de Estabilização:

Lagoa facultativa

Vantagens:

- Satisfatória eficiência na remoção de DBO
- Eficiente na remoção de patogênicos
- Construção, operação e manutenção simples
- Reduzidos custos de implantação e operação
- Ausência de equipamentos mecânicos
- Requisitos energéticos praticamente nulos
- Satisfatória resistência a variações de carga
- Remoção de lodo necessária apenas após períodos superiores a 10 anos

Desvantagens:

- Elevados requisitos de área

- Dificuldade em satisfazer padrões de lançamento bem restritivos
- A simplicidade operacional pode trazer o descaso na manutenção (crescimento de vegetação)
- Possível necessidade de remoção de algas do efluente para o cumprimento de padrões rigorosos
- Performance variável com as condições atmosféricas (temperaturas e insolação)
- Possibilidade do crescimento de insetos

Sistemas de lagoa anaeróbia – lagoa facultativa:

Vantagens:

- Idem lagoas facultativas
- Requisitos de área inferiores aos das lagoas facultativas únicas

Desvantagens:

- Idem lagoas facultativas
- Possibilidade de maus odores na lagoa anaeróbia
- Eventual necessidade de elevatórias de recirculação do efluente, para controle de maus odores
- Necessidade de um afastamento razoável às residências circunvizinhas

Lagoa aerada facultativa:

Vantagens:

- Construção, operação e manutenção relativamente simples

- Requisitos de área inferiores aos sistemas das lagoas facultativas e anaeróbio-facultativas
- Eficiência na remoção da DBO ligeiramente superior às das lagoas facultativas
- Satisfatória resistência a variações de carga
- Reduzidas possibilidades de maus odores

Desvantagens:

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

Sistema de lagoa aerada de mistura completa – lagoa facultativa:

Vantagens:

Desvantagens:

- Idem lagoas aeradas facultativas (exceção requisitos de área)
- Requisitos de área superiores aos das lagoas aeradas facultativas
- Possibilidade de crescimento de insetos

Sistema de lagoa aerada de mistura completa – lagoa de decantação:

Vantagens:

- Idem lagoas aeradas facultativas
- Menores requisitos de área de todos os sistemas de lagoas

Desvantagens:

- Idem lagoas aeradas facultativas (exceção: requisitos de área)
- Preenchimento rápido da lagoa de decantação com o lodo (2 a 5 anos)
- Necessidade de remoção contínua ou periódica (2 a 5 anos) do lodo

Sistemas de Lodos Ativados:

Lodos ativados convencional:

Vantagens:

- Elevada eficiência na remoção de DBO
- Nitrificação usualmente obtida
- Possibilidade de remoção biológica de N e P
- Baixos requisitos de área
- Processo confiável, desde que supervisionado
- Reduzidas possibilidades de maus odores, insetos e vermes

Desvantagens:

- Elevados custos de implantação e operação
- Elevado consumo de energia
- Necessidade de operação sofisticada
- Elevado índice de mecanização
- Relativamente sensível a descargas tóxicas
- Necessidade do tratamento completo de lodo e da sua disposição final
- Possíveis problemas ambientais com ruídos e aerossóis

Aeração prolongada:

Vantagens:

- Idem a lodos ativados convencional

- Sistema com maior eficiência na remoção de DBO
- Nitrificação consistente
- Mais simples conceitualmente que lodos ativados convencional (operação simples)
- Menor geração de lodos que lodos ativados convencional
- Estabilização de lodo no próprio reator
- Elevada resistência a variações de carga e a cargas tóxicas
- Satisfatória independência das condições atmosféricas

Desvantagens:

- Elevados custos de implantação e operação
- Sistema com maior consumo de energia
- Elevado índice de mecanização (embora inferior a lodos ativados convencional)
- Necessidade de remoção da umidade do lodo e da sua disposição final (embora mais simples que lodos ativados convencional)

Sistemas de fluxo intermitente:

Vantagens:

- Elevada eficiência na remoção de DBO
- Satisfatória remoção de N e P
- Baixos requisitos de área
- Mais simples conceitualmente que os demais sistemas de lodos ativados
- Flexibilidade operacional (através da variação de ciclos)

- Decantador secundário e elevatório de recirculação não são necessários

Desvantagens:

- Elevados custos de implantação e operação
- Maior potência instalada que os demais sistemas de lodos ativados
- Necessidade do tratamento e da disposição do lodo (variável com a modalidade convencional ou prolongada)
- Usualmente mais competitivo economicamente para populações menores

Valos:

Valos Clássicos:

Vantagens:

- Operação simples
- Bons resultados
- Evitam choque de lodos
- Boa renovação de N e P
- Baixo custo de investimento

Desvantagens:

- Alto gasto energético
- Atendem somente pequenas populações

Valos anaeróbio e aeróbio:

Vantagens:

- Baixo custo
- Simplicidade de equipamento (só bomba)
- Operação custo-benefício aumenta com a concentração de DBO
- Baixo custo energético

Desvantagens:

- Manobra necessária de registros duas vezes ao dia

Sistemas de Filtros Biológicos:

Filtro biológico de baixa carga:

Vantagens:

- Elevada eficiência na remoção de DBO
- Nitrificação frequente
- Requisitos de área relativamente baixos
- Mais simples conceitualmente do que lodos ativados
- Índice de mecanização relativamente baixo
- Equipamentos mecânicos simples
- Estabilização do lodo no próprio filtro

Desvantagens:

- Menor flexibilidade operacional que lodos ativados
- Elevados custos de implantação

- Requisitos de área mais elevados do que os filtros biológicos de alta carga
- Relativa dependência da temperatura do ar
- Necessidade de remoção da unidade de lodo e da sua disposição final (embora mais simples que filtros biológicos de alta carga)
- Possíveis problemas com moscas
- Elevada perda de carga

Filtro biológico de alta carga:

Vantagens:

- Boa eficiência na remoção de DBO (embora ligeiramente inferior aos filtros de baixa carga)
- Baixos requisitos de área
- Mais simples conceitualmente do que lodos ativados
- Maior flexibilidade operacional que filtros de baixa carga
- Melhor resistência a variações de carga que filtros de baixa carga
- Reduzidas possibilidades de maus odores

Desvantagens:

- Operação ligeiramente mais sofisticada do que os filtros de baixa carga
- Elevados custos de implantação
- Relativa dependência da temperatura do ar
- Necessidade do tratamento completo do lodo e da sua disposição final
- Elevada perda de carga

Biodisco:

Vantagens:

- Elevada eficiência na remoção da DBO
- Nitrificação frequente
- Requisitos de área bem baixos
- Mais simples conceitualmente do que lodos ativados
- Equipamento mecânico simples
- Reduzidas possibilidades de maus odores
- Reduzida perda de carga

Desvantagens:

- Elevados custos de implantação
- Adequado principalmente para pequenas populações (para não necessitar de número excessivo de discos)
- Cobertura dos discos usualmente necessária (proteção contra chuvas, ventos e vandalismo)
- Relativa dependência da temperatura do ar
- Necessidade de tratamento completo de lodo (eventualmente sem digestão), casos os discos sejam instalados sobre tanques Imhoff) e da sua disposição final

Sistemas Anaeróbios:

Reator anaeróbio de manta de lodo:

Vantagens:

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

Desvantagens:

- Dificuldade em satisfazer padrões de lançamento bem restritivos
- Efluente com aspecto desagradável
- Remoção de N e P insatisfatória
- Possibilidade de maus odores
- A granulação da biomassa pode ser difícil
- A partida do processo é geralmente lenta
- Relativamente sensível a variações de carga

- Restrito ao tratamento de afluentes com baixas concentrações de sólidos

Filtros anaeróbio:

Vantagens:

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

Desvantagens:

- Dificuldade em satisfazer padrões de lançamento bem restritivos
- Efluente com aspecto desagradável
- Remoção de N e P insatisfatória
- Possibilidade de maus odores
- Riscos de entupimento
- Elevada concentração de sólidos em suspensão no efluente
- Restrito ao tratamento de efluentes com baixas concentrações de sólidos

Sistemas de Disposição no Solo:

Infiltração lenta:

Vantagens:

- Elevadíssima eficiência na remoção de DBO e de coliformes

- Satisfatória eficiência na remoção de N e P
- Método de tratamento e disposição final combinados
- E disposição final combinados
- Construção, operação e manutenção simples
- Reduzidos custos de implantação e operação
- Boa resistência a variações de carga
- Não há geração de lodo
- Proporciona fertilização e condicionamento do solo
- Retorno financeiro de irrigação de áreas agricultáveis
- Recarga do lençol subterrâneo

Desvantagens:

- Elevadíssimos requisitos de área
- Possibilidade de maus odores
- Possibilidade de insetos e vermes
- Relativamente dependente do clima e dos requisitos de nutrientes dos vegetais
- Dependente das características do solo
- Risco de contaminação de vegetais a serem consumidos, caso seja aplicado indiscriminadamente
- Possibilidade de contaminação dos trabalhadores na agricultura (na aplicação por aspersão)

- Possibilidade de efeitos químicos no solo, vegetais e água subterrânea no caso de haver despejos industriais)
- Difícil fiscalização e controle com relação aos vegetais irrigados
- A aplicação deve ser suspensa ou reduzida nos períodos chuvosos

Infiltração rápida:

Vantagens:

- Idem infiltração lenta (embora eficiência na remoção de poluentes seja menor)
- Requisitos de área bem inferiores ao da infiltração lenta
- Reduzida dependência da declividade do solo
- Aplicação durante todo o ano

Desvantagens:

- Idem infiltração lenta (mas com menores requisitos de área e possibilidade de aplicação durante todo o ano)
- Potencial de contaminação do lençol subterrâneo com nitratos

Infiltração subsuperficial

Vantagens:

- Idem infiltração rápida
- Possível economia na implantação de interceptores
- Ausência de maus odores
- O terreno superior pode ser utilizado como área verde ou parques
- Independência das condições climáticas

- Ausência de problemas relacionados à contaminação de vegetais e trabalhadores

Desvantagens:

- Idem infiltração rápida
- Necessidade de unidades reserva para permitir a alternância entre as mesmas (operação e descanso)
- Os sistemas maiores necessitam de terrenos bem permeáveis para reduzir os requisitos de área

Escoamento superficial:

Vantagens:

- Idem infiltração rápida (mas com geração de efluente final e com maior dependência da declividade do terreno)
- Dentre os métodos de disposição no solo, é o com menor dependência das características do solo

Desvantagens:

- Idem infiltração rápida
- Maior dependência da declividade do solo
- Geração de efluente final

De forma elementar o tratamento terciário complementa os outros e se procura remover nutrientes ou substâncias especiais.

Elaboramos um quadro (Quadro 3 em anexo), procurando mostrar diversos métodos e o que deles se espera em termos sanitários e de engenharia sanitária.

CAPÍTULO V – CUSTOS DE SISTEMAS DE TRATAMENTO DE ESGOTOS

Numa síntese de diversas bibliografias e informações procuramos apresentar quadros comparativos entre sistemas de tratamento e curvas, associados à uma ideia inicial de custos como mais um instrumento de escolha de métodos e etapas (Quadros Gráficos 4 e 5 e Curvas – Figuras 1 a 7 em anexo).

Na realidade a escolha demanda um processo bem mais complexo que deve levar em conta, entre outros aspectos:

1. O esgoto, sua natureza e parâmetros.
2. Os corpos receptores e seus usos.
3. Disponibilidades de recursos financeiros, técnicos, de espaço físico e localização.
4. Exigências legais.

CAPÍTULO VI – CONCLUSÃO

O que pretendemos nesse trabalho é, antes de mais nada, apresentar um aporte de dados e informações para ativar as discussões de um novo e velho tema de custos, mas dessa vez sob a ótica da utilidade sanitária.

Poderíamos, até se o tempo permitisse, avançar em quantificar, em detalhe, maior número de soluções.

Creemos, no entanto, que as comparações apresentadas permitirão chamar a atenção de jovens profissionais para os cuidados necessários com as soluções e a propriedade ou não de gastos com as chamadas tecnologias de ponta.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- CABES XVIII
Catálogo brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental
- Cynamon, Szachna Eliaz*
“Sistema não Convencional de Esgoto Sanitário a Custo Reduzido para pequenas Coletividades e Áreas Periféricas” Fundação Oswaldo Cruz, 2ª edição – 1986.
- Cynamon, Szachna Eliaz*
“Procedimentos para o Equacionamento dos Projetos de Esgotos Sanitários de Pequenas Comunidades” – Tese de Doutorado, São Paulo – 1969.
- Cynamon, Szachna Eliaz*
“Saneamento – Subsídios para um Instrumento de Análise”, trabalho apresentado no VIII Congresso de Engenharia Sanitária, Rio de Janeiro – 1975.
- Cynamon, Débora Kligerman*
“Esgotamento Sanitário: de alternativa tecnológica às tecnologias apropriadas” – Uma Análise Técnica, Econômica e Social, trabalho apresentado no VI Seminário Internacional Luso-Brasileiro de Engenharia Sanitária – 1995.
- Leme, F.P.*
“Planejamento e Projeto dos Sistemas Urbanos de Esgotos Sanitários”, CETESB, São Paulo – 1977.

Melo, José Carlos

“Sistemas Condominiais de Esgotos”,
Seminário Latino-Americano de
Alternativas Tecnológicas para Habitação e
Saneamento, Olinda – 1987.

Netto, J.M Azevedo

“Tecnologias Innovadoras y de Bajo Costo
Utilizadas Em Los Sistemas de
Alcantarillado”, Raymond Reid – Rodolfo
Saenz, Washington, D.C. – julho 1992.

Santos, J.A. de Oliveira

“Soluções de Baixo Custo para Problemas
de Saneamento Ambiental”, tese de
mestrado, São Paulo – 1990.

BIO/ABES

“Associação Brasileira de Engenharia
Sanitária e Ambiental” – Ano III, n° 1,
Jan/Abr – 1994

*Pacheco, Eduardo Jordão Arruda,
Constantino Pessoa*

“Tratamento de Esgotos Domésticos”,
ABES – 3ª edição – 1995.

ABES

ANEXOS

QUADRO 1 – EVOLUÇÃO DA COBERTURA NO BRASIL

Anos	Localidades		Sedes com Sistemas	População (mil)		Nº de Economia (mil)
	Sedes	Distritos	Esgotos	Projetada	Atendida*	Esgoto
1	2	3	4	5	6	7
1980	3.974	4.117	1.017	119.002	25.358	5.551
1981	4.022	4.152	1.066	122.579	26.309	6.030
1982	4.015	4.330	1.090	128.002	39.357	6.624
1983	4.102	4.268	1.114	131.877	18.760	7.209
1984	4.105	4.305	1.141	136.609	32.791	7.783
1985	4.117	4.695	1.188	136.295	34.854	8.487
1986	4.179	4.777	1.192	141.173	37.367	8.711
1987	4.186	4.630	1.203	145.064	38.851	9.305
1988	4.297	4.969	1.232	148.993	41.301	9.986
1989	4.417	4.563	1.264	152.944	44.075	10.771
1990	4.491	4.221	1.268	158.637	46.695	11.378
1991	4.656	4.655	1.308	148.517	45.732	11.727
1992	4.754	4.875	1.314	152.359	47.066	12.269

*Com sistema de esgoto

Fonte: CABES XVII

QUADRO 2 – EVOLUÇÃO DA COBERTURA PERCENTUAL: POPULAÇÃO

Anos	População		Relação %
	Projetada	Atendida*	(4)/(2)
1	2	3	4
1980	119.002	16.315	13,71
1981	122.579	16.833	13,73
1982	128.002	17.811	13,91
1983	131.877	18.760	14,23
1984	136.609	21.303	15,59
1985	136.295	22.855	16,77
1986	141.173	24.616	17,44
1987	145.064	25.638	17,67
1988	148.993	26.989	18,11
1989	152.944	28.521	18,65
1990	158.367	30.385	19,19
1991	148.517	29.485	19,85
1992	152.359	30.452	19,99

*Com sistema de esgoto

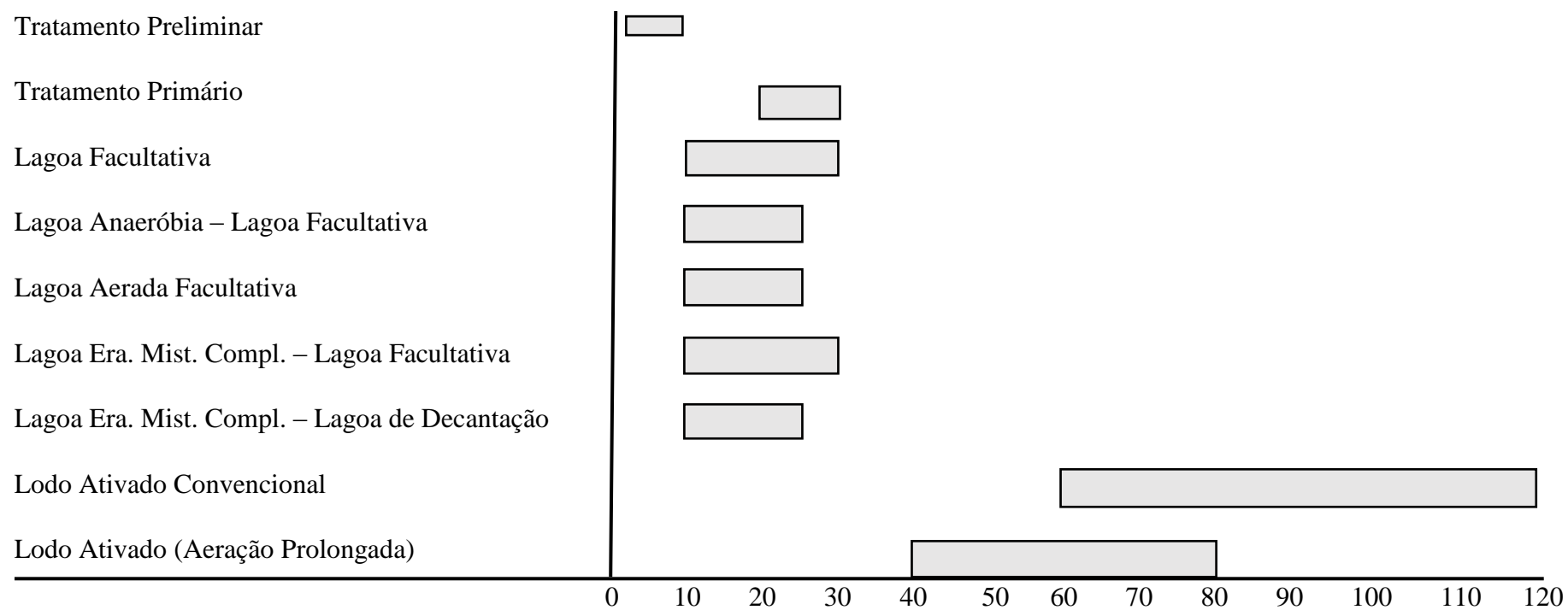
Fonte: CABES XVII

Quadro 3 – Sistemas de Tratamento de Esgotos – Dados Comparativos

Sistemas de Tratamento	Eficiência de Remoção %						
	DBO	N	P	Coliformes	Vírus Entéricos	Bactérias	Parasitas
Trat. Preliminar + decantação	0 – 5	0	0	0	0	0	0
Trat. Primário (Sedimentado)	35 – 40	10 – 25	10 – 20	30 – 40	0 – 30	50 – 90	10 – 90
Trat. Preliminar + Filtro Biológico	80 – 93	30 – 40	30 – 45	60 – 90	90 – 95	90 – 95	50 – 95
Lodos Ativados	80 – 98	15 – 40	10 – 45	60 – 90	90 – 99	90 – 99	50 – 99
Oxidação Total	90 – 95	50	30	98	90	98	90
Valos de Oxidação	90 – 95	90	60	98	90	98	90
Leitos Intermitentes de Areia	85 – 90	60	30	90	90	98	98
Valo Anaeróbio – Aeróbio	99	90	60 – 70	99	100	99	100
Lagoa Facultativa	70 – 85	30 – 50	20 – 60	60 – 99	99,99	99,99	100
Sistemas Australiano	98	80	50	98	100	98	95
Lagoa Aerada	70 – 90	30 – 50	20 – 60	60 – 96	-	-	-
Tanque Séptico + Fossa de Pedra Simples	70	60	30	90	100	90	95 – 100
Tanque Séptico + Fossa de Pedra Asc. / Desc. + Filtro de Areia (Cynamon)	98	70	50	99,99	100	99,99	100

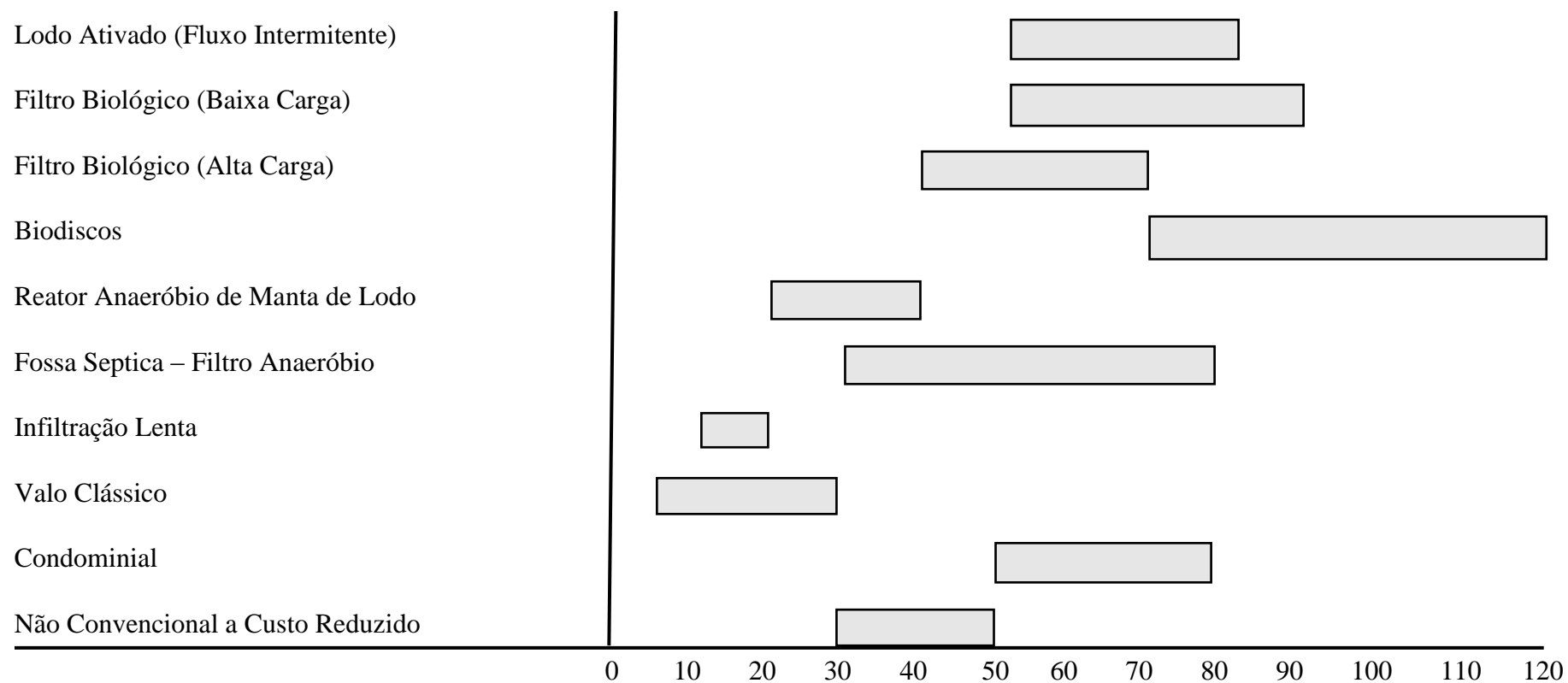
Fontes: Arceivala (1981), EPA (1979, 1981, 1992), Mercalf & Eddy (1991), Prioli Et Al (1993), Vieira (1993), Jordão & Pessoa (1995), Informações do Prof. Cynamon e de terceiros.

Quadro gráfico 4 – Comparação de Custos entre Sistemas de Tratamento
Custos de Implantação (US\$/hab)



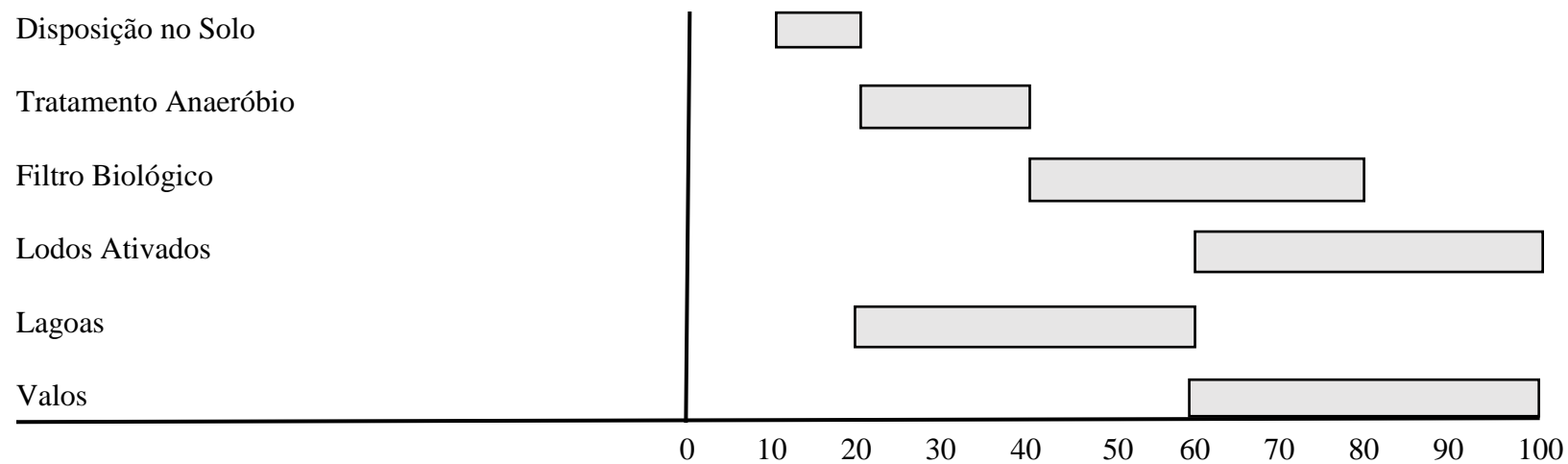
Fonte: Bio (ano 3, nº 1, Jan/Abr 1994); Informações do Prof. Cynamon

**Quadro gráfico 4 – Comparação de Custos entre Sistemas de Tratamento
Custos de Implantação (US\$/hab)**



Fonte: Bio (ano 3, n° 1, Jan/Abr 1994); Informações do Prof. Cynamon

Quadro gráfico 4 – Comparação de Custos entre Sistemas de Tratamento
Custos de Implantação (US\$/hab)



Fonte: Bio (ano 3, nº 1, Jan/Abr 1994)