



Ministério da Saúde

FIOCRUZ

Fundação Oswaldo Cruz



ESCOLA NACIONAL DE SAÚDE PÚBLICA  
SERGIO AROUCA  
ENSP

***“Tecnologias sociais e ecológicas aplicadas ao tratamento de esgotos no Brasil”***

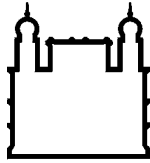
*por*

***Alexandre Ribeiro Fonseca***

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

*Orientadora: Prof.<sup>a</sup> Dr.<sup>a</sup> Simone Cynamon Cohen*

*Rio de Janeiro, novembro de 2008.*



Ministério da Saúde

FIOCRUZ

Fundação Oswaldo Cruz



ESCOLA NACIONAL DE SAÚDE PÚBLICA  
SERGIO AROUCA  
ENSP

*Esta dissertação, intitulada*

***“Tecnologias sociais e ecológicas aplicadas ao tratamento de esgotos no Brasil”***

*apresentada por*

***Alexandre Ribeiro Fonseca***

*foi avaliada pela Banca Examinadora composta pelos seguintes membros:*

Prof. Dr. Adacto Benedicto Ottoni

Prof. Dr. Odir Clécio da Cruz Roque

Prof.<sup>a</sup> Dr.<sup>a</sup> Simone Cynamon Cohen – Orientadora

**Catálogo na fonte**

**Instituto de Comunicação e Informação Científica e Tecnológica em Saúde/Fiocruz  
Biblioteca de Saúde Pública**

F676 Fonseca, Alexandre Ribeiro  
Tecnologias sociais e ecológicas aplicadas ao  
tratamento de esgotos no Brasil./ Alexandre Ribeiro  
Fonseca. –Rio de Janeiro: s.n., 2008.  
xvi, 189f.,il  
Orientadora: Cohen, Simone Cynamon  
Dissertação (Mestrado) - Escola Nacional de Saúde  
Pública Sergio Arouca, Rio de Janeiro, 2008

1.Saneamento Básico. 2.Esgotos Domésticos.  
3.Política de Saneamento. 4. Desenvolvimento  
Tecnológico. 5.Pesquisa Qualitativa. 6.Brasil. I.Título.  
CDD - 22.ed. – 628.30981



MINISTÉRIO DA SAÚDE  
FUNDAÇÃO OSWALDO CRUZ  
ESCOLA NACIONAL DE SAÚDE PÚBLICA  
DEPARTAMENTO DE SAÚDE E SANEAMENTO AMBIENTAL

*“Tecnologias sociais e ecológicas aplicadas ao tratamento de esgotos no Brasil”*

ALEXANDRE RIBEIRO FONSECA

RIO DE JANEIRO

2008

*“Tecnologias sociais e ecológicas aplicadas ao tratamento de esgotos no Brasil”*

Projeto de qualificação para obtenção do título de mestre em ciências no Programa de Mestrado de Saúde Pública da Escola Nacional de Saúde Pública Sergio Arouca da Fundação Oswaldo Cruz – ENSP / FIOCRUZ.

ORIENTADORA: PROF<sup>a</sup> DR<sup>a</sup> SIMONE CYNAMON COHEN

Rio de Janeiro, 2008

ALEXANDRE RIBEIRO FONSECA

*“Tecnologias sociais e ecológicas aplicadas ao tratamento de esgotos no Brasil”*

Dissertação submetida à comissão examinadora composta pelo corpo docente do Programa de Pós-Graduação em Saúde Pública da Escola Nacional de Saúde Pública Sergio Arouca da Fundação Oswaldo Cruz e por professores convidados de outras instituições, como parte dos requisitos necessários à obtenção do grau de mestre.

Banca Examinadora:

---

Prof. Dr. Adacto Benedicto Ottoni (UERJ)

---

Prof. Dr. Odir Clécio Cruz Roque (FIOCRUZ)

---

Prof<sup>a</sup>. Dr<sup>a</sup>. Simone Cynamon Cohen (ORIENTADORA)

---

Prof. Dr. Evaristo de Castro Junior (UFRJ)

---

Prof. Dr. Dalton Marcondes Silva (FIOCRUZ)

Rio de Janeiro, 2008.

## **DEDICATÓRIA**

Dedico esta dissertação em memória ao Prof. Dr. SZACHNA ELIASZ CYNAMON, cuja visão de saneamento ultrapassa a questão dos artefatos da engenharia e estimula uma nova utopia, ou sonho, ou aspiração válida a se alcançar, tornando-se um referencial na busca de uma verdadeira libertação aos habitantes da Terra, e que iluminaram e inspiraram esse trabalho.

Somente uma transição rápida a atitudes fundamentalmente novas. Atitudes de respeito e integração ecológica poderá ainda evitar o desastre. Encontramo-nos num divisor de eras. Nossa época entrará na história, se dermos chances à história, como limiar de uma nova idade. A qualidade de vida nesta nova idade dependerá de nosso comportamento atual e das atitudes que soubermos inculcar na juventude.

(JOSÉ LUTZEMBERGUER apud TRIGUEIRO, 2005)<sup>1</sup>



## AGRADECIMENTOS

*Primeiramente agradeço a Deus, cujo poder e o amparo, quase inconsciente, me impulsionaram nessa caminhada.*

*Aos queridos avós: Haroldo, Gessi, Maria e Sebastião, por ensinarem uma nova maneira de percepção sutil e velada do ensino básico do nosso Mestre Jesus.*

*Aos amados pais: Paulo e Glória, pelo exemplo de vida, amor incondicional, pela presença constante em todos os momentos, alicerçando-me nessa caminhada com tamanha sabedoria, amor, disciplina e paciência. Agradeço, pois o meu maior aprendizado vem de vocês.*

*À minha mana Nanda e meu sobrinho Bernardo, pessoas que tanto amo e alegram minha vida.*

*À minha namorada Adriana, carinhosamente chamada por “Thuca”, que no instante decisivo, através do empenho incansável proporcionou-me o ânimo determinante, no momento exato, para atingir esse objetivo. Além, de sua inestimável contribuição, que foram essenciais para a conclusão desse trabalho. Agradeço pela compreensão que me possibilitou tantas ausências. O amor sempre socorrendo a tensão.*

*Aos amigos do Alojamento da UFRJ, pela compreensão das ausências. Pelos lamentos das tantas coisas não ditas, pelos tantos brindes não dados, nessa longa e necessária submersão. Em especial à D. Vera, por ter-me acolhido durante todos esses anos de estudos.*

*Aos colegas de jornada: Celina, Mona e Ricardo que agregaram conteúdos e boas energias. Sobretudo, aos funcionários do Departamento de Saúde de Saneamento Ambiental, que contribuíram em muitos momentos ao longo dessa trajetória.*

*À Fundação Oswaldo Cruz, que tem sido, nos últimos anos, um espaço de aprendizado e amadurecimento do meu projeto de vida. Em especial à Coordenadora do Programa de Pós- Graduação em Saúde Pública, Prof<sup>a</sup>. Dr<sup>a</sup>. Maria Cristina Rodrigues Guilan, à compreensão e apoio nos momentos necessários à elaboração dessa dissertação.*

*Aos Professores do Departamento: Prof. Dr. Odir Clécio Cruz Roque, Prof. Dr. Adacto Ottoni e Prof. Dr. Dalton Marcondes Silva e demais professores, que possibilitaram reflexões fundamentais acerca do saneamento.*

*Ao Prof. Dr. Evaristo, pelos ensinamentos durante a graduação em geografia pela UFRJ e, por ter aceitado de pronto o convite para participar da banca examinadora.*

*Em especial a minha Orientadora Prof<sup>a</sup>. Dr<sup>a</sup>. Simone Cynamon Cohen, sempre solícita, precisa e dedicada. Obrigado pela longa e intensa interação, pelo apoio nos momentos difíceis e pelo aprendizado.*

*Não poderia deixar de tecer agradecimentos à equipe da ONG, O Instituto Ambiental- OIA, pela inspiração social que permeou a proposta que foi desenvolvida nessa dissertação. Em particular aos amigos: Chicão, Fachini, Jorge, Marcelo e Ricardo. Acima de tudo por acreditarem em meu trabalho, no meu comprometimento com os objetivos sociais e ambientais defendidos pelo OIA.*

*Tenho também que agradecer aos meus mentores anônimos, confio que eles sejam indulgentes com qualquer apropriação inconsciente de seus insights.*

## RESUMO

Nesta dissertação, buscou-se evidenciar o papel do Estado na formulação de políticas públicas para a Área Saneamento, sendo determinante na escolha do padrão tecnológico para concepção dos projetos de sistemas de tratamento dos esgotos domésticos.

Fez-se uma reflexão e chegou-se a hipótese que as opções tecnológicas para tratamento de esgotos domésticos estão relacionadas a interesses de forças políticas, que ditam o controle e o nível de implementação de projetos, que através de mecanismos legais e de mercado, dificulta-se o controle social.

O interesse por esse assunto parte do entendimento de que as tecnologias para tratamento de esgotos domésticos, por serem uma decisão destinada a satisfação de vários grupos com interesses heterogêneos poderão ser melhor formuladas e implementadas mediante negociações com as partes protagonistas, tendo como componentes básicos a sustentabilidade ambiental e o controle social.

Procedeu-se uma análise global e das alternativas possíveis sobre as visões, as teorias e os modelos discutidos, que implicassem em mudanças no padrão tecnológico tradicional.

Conseqüentemente, um número muito reduzido de alternativas foi considerado, sendo avaliado para cada alternativa um número restrito de conseqüências importantes.

Para tornar o problema mais manejável, procurou-se distinguir as características das tecnologias, com ênfase nos conceitos de *Tecnologias Sociais e Ecológicas*, pois se acredita que encetam componentes básicos das mudanças para que os processos de tomada de decisão se tornem mais transparentes e abertos ao protagonismo social.

Devido a essas limitações não se pode precisar, categoricamente, se as decisões são boas ou más, mas, tendo em vista a problemática levantada, esses esforços podem servir como um paliativo para as imperfeições sociais existentes por serem mais coletivas e por buscarem a promoção ou tentativa de sustentabilidade econômica e ambiental.

Palavras - Chave: 1. Saneamento; 2. Políticas de Saneamento; 3. Tratamento de esgoto; 4. Tecnologias sociais; 5. Saneamento ecológico.

## ABSTRACT

In this dissertation, trying to highlight the role of the state, in the formulation of public policies, for the Sanitation Area, being decisive in choosing the standard design of projects for technological systems for treatment of domestic sewage.

Through this analysis, from the review of literature, have been a consideration and it was chance that the technological options for treatment of domestic sewage are related to interests of political forces that control and dictate the level of implementation of projects. Through these forces and through legal and market mechanisms, it is difficult social control, whose goal is to make the discussion increasingly specialized and complex.

The interest in this matter from the understanding that the technologies for treatment of domestic sewage, being a decision to satisfaction of several groups with heterogeneous interests may be better formulated and implemented through negotiations with the parties involved, with the basic components sustainability environmental and social control.

There was an overall analysis and possible alternatives on the visions, the theories and models discussed which would involve changes in the traditional technological standard. Consequently, a very small number of alternatives were considered, and evaluated for each alternative a limited number of important consequences.

To make the problem more manageable, sought to distinguish the characteristics of technologies, with emphasis on the concepts of social and ecological technologies, it is believed that entering basic components of the changes so that decision-making processes to become more transparent and open to social protagonism

Because of these limitations can not be specified, categorically, if decisions are good or bad, but in view of the problems raised in the short term, these efforts can serve as a palliative for the existing social imperfections because they are more collective and or attempt to seek promotion of economic and environmental sustainability.

Palavras - Chave: 1. Sanitation; 2. Sanitation Politics; 3. Treatment Sewage; 4. Social Technologies; 5. Ecological Sanitation.

## SUMÁRIO

<b>DEDICATÓRIA</b> .....	iv
<b>EPÍGRAFE</b> .....	v
<b>AGRADECIMENTOS</b> .....	vi
<b>RESUMO</b> .....	vii
<b>ABSTRACT</b> .....	viii
<b>SUMÁRIO</b> .....	ix
<b>LISTA DE FIGURAS</b> .....	xii
<b>LISTA DE FLUXOGRAMA</b> .....	xiv
<b>LISTA DE GRÁFICOS</b> .....	xiv
<b>LISTA DE QUADROS</b> .....	xiv
<b>LISTA DE ABREVIATURAS</b> .....	xv
<b>INTRODUÇÃO</b> .....	17
<b>JUSTIFICATIVA</b> .....	21
<b>OBJETIVOS</b> .....	22
<b>OBJETIVO GERAL</b> .....	22
<b>OBJETIVO ESPECÍFICO</b> .....	22
<b>METODOLOGIA</b> .....	23
<b>CAPÍTULO 1 ASPECTOS ESSENCIAIS DOS SERVIÇOS DE SANEAMENTO</b> .....	26
<b>1.1 CONCEITO DE SANEAMENTO</b> .....	26

<b>CAPÍTULO 2 O PAPEL DOS ARRANJOS INSTITUCIONAIS DO SETOR SANEAMENTO NO BRASIL.....</b>	<b>30</b>
2.1 CONTEXTUALIZAÇÃO HISTÓRICA DA ÁREA SANEAMENTO .....	32
<b>CAPÍTULO 3 CENÁRIO DO SETOR DE SANEAMENTO NO BRASIL.....</b>	<b>47</b>
3.1 A NATUREZA DOS PRESTADORES DE SERVIÇOS .....	47
3.2 A ATUAL COBERTURA POR REDE DE ESGOTAMENTO SANITÁRIO NO BRASIL.....	49
3.3 O PERFIL DOS USUÁRIOS E A PERCEPÇÃO DO ACESSO DE COLETA DE ESGOTOS .....	54
<b>CAPÍTULO 4 CONSEQUÊNCIAS DA CONTAMINAÇÃO DOS RECURSOS HÍDRICOS POR ESGOTOS DOMÉSTICOS .....</b>	<b>58</b>
<b>CAPÍTULO 5 TECNOLOGIA SOCIAL E ECOLÓGICA: UMA ESTRATÉGIA PARA O DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL .....</b>	<b>69</b>
5.1 TECNOLOGIAS SOCIAIS E ECOLÓGICAS EM SANEAMENTO .....	80
5.2 USO DO LODO .....	88
5.3 REUSO DO EFLUENTE LÍQUIDO.....	92
5.4 REUTILIZAÇÃO URBANA .....	97
5.5 REUTILIZAÇÃO INDUSTRIAL .....	97
5.6 REUSO NA AGRICULTURA .....	98
5.7 REUSO EM AQUICULTURA.....	99
5.8 USO DE BIOGÁS .....	101
<b>CAPÍTULO 6 ABORDAGENS TECNOLÓGICAS PARA TRATAMENTO DE ESGOTOS DOMÉSTICOS.....</b>	<b>105</b>
6.1 CARACTERÍSTICAS DAS TECNOLOGIAS CONVENCIONAIS PARA TRATAMENTO DE ESGOTOS .....	106
6.2 TECNOLOGIAS DE TRATAMENTO DE ESGOTOS CONVENCIONAIS.....	107
6.3 ESTAÇÕES DE TRATAMENTO DE ESGOTOS CONVENCIONAIS .....	110
6.4 TECNOLOGIAS SIMPLIFICADAS DE TRATAMENTO DE ESGOTO.....	116
6.4.1 Disposição no Solo.....	124

6.4.2 Fossas Sépticas (Decanto Digestores).....	126
6.4.3 Filtros Anaeróbicos .....	128
6.4.4 Reatores com Manta de Lodo e Fluxo Ascendente (UASB).....	129
6.4.5 Lagoas Facultativas .....	130
6.4.6 Biodigestores .....	131
6.4.6.1 O Modelo Indiano .....	133
6.4.6.2 O Modelo Chinês.....	135
6.4.7 Sistemas Combinados.....	138
<b>CAPÍTULO 7 APLICAÇÃO DAS TECNOLOGIAS SOCIAIS E ECOLÓGICAS EM TRATAMENTO DE ESGOTO: EXEMPLO NACIONAL E INTERNACIONAIS..</b>	<b>142</b>
7.1 EXPERIÊNCIAS DE SISTEMAS DE SANEAMENTO ECOLÓGICO PARA TRATAMENTO DE ESGOTOS DOMÉSTICOS NO BRASIL .....	143
7.1.1 A Construção de Biossistemas Integrados Difundidos pela Organização Não-Governamental, O Instituto Ambiental - OIA.....	143
7.2 EXPERIÊNCIAS DE SISTEMAS DE SANEAMENTO ECOLÓGICO AO REDOR DO MUNDO .....	148
7.2.1 Tratamento de Esgoto e Recuperação de Recursos Baseados na Utilização de Macrófitas ( <i>Pistia lemnaeae</i> ), Bangladesh.....	148
7.2.2 Estratégia Nacional para Promover o Saneamento Ecológico em Uganda .....	148
<b>CAPÍTULO 8 DISCUSSÃO .....</b>	<b>150</b>
<b>CAPÍTULO 9 CONSIDERAÇÕES FINAIS .....</b>	<b>164</b>
<b>CAPÍTULO 10 APONTAMENTOS .....</b>	<b>166</b>
<b>CAPÍTULO 11 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....</b>	<b>168</b>
<b>BIBLIOGRAFIA COMPLEMENTAR.....</b>	<b>176</b>
<b>ANEXOS .....</b>	<b>181</b>
ANEXO 1: CARTA ABERTA A COMUNIDADE POR THIAGO LOPES.....	182
ANEXO 2: IMAGENS DE PROJETOS DE BIOSISTEMAS DESENVOLVIDOS PELA ORGANIZAÇÃO NÃO- GOVERNAMENTAL- O INSTITUTO AMBIENTAL.....	184

## LISTA DE FIGURAS

<b>FIGURA 1:</b> PROPORÇÃO DE DISTRITOS EM CADA ESTADO, COM TRATAMENTO DE ESGOTOS .....	51
<b>FIGURA 2:</b> CONSEQÜÊNCIA DA FALTA DE SANEAMENTO NA SAÚDE INFANTIL.....	63
<b>FIGURA 3:</b> ESQUEMA DEMONSTRATIVO REFERENTE AO “CLOSING THE LOOP” PROPOSTO EM SISTEMAS DE SANEAMENTO ECOLÓGICO. ....	82
<b>FIGURA 4:</b> ESQUEMA DE SEPARAÇÃO E APROVEITAMENTO DAS ÁGUAS USADAS DOMICILIARES.....	82
<b>FIGURA 5:</b> DESENHO ESQUEMÁTICO DA REDE COLETORA CONVENCIONAL.....	108
<b>FIGURA 6:</b> DESENHO ESQUEMÁTICO DOS MODELOS DE REDE COLETORA CONDOMINIAL ....	118
<b>FIGURA 7:</b> DESENHO ESQUEMÁTICO DA CONFIGURAÇÃO DE UMA ESTAÇÃO DE TRATAMENTO DE ESGOTO CENTRALIZADA .....	120
<b>FIGURA 8:</b> DESENHO ESQUEMÁTICO DA CONFIGURAÇÃO DE ESTAÇÃO DE TRATAMENTO DE ESGOTO DESCENTRALIZADAS .....	120
<b>FIGURA 9:</b> REATOR DE MANTA DE LODO SEGUIDO POR DISPOSIÇÃO CONTROLADA NO SOLO .....	125
<b>FIGURA 10:</b> DESENHO ESQUEMÁTICO DO FUNCIONAMENTO DE FOSSA SÉPTICA.....	127
<b>FIGURA 11:</b> DESENHO ESQUEMÁTICO DA UTILIZAÇÃO DE FILTRO ANAERÓBIO COMO PÓS- TRATAMENTO DE REATOR DE MANTA DE LODO .....	129
<b>FIGURA 12:</b> DESENHO ESQUEMÁTICO DA UTILIZAÇÃO DE REATOR DE MANTA DE LODO .....	129
<b>FIGURA 13:</b> DESENHO ESQUEMÁTICO DA UTILIZAÇÃO DE LAGOA FACULTATIVA.....	131
<b>FIGURA 14:</b> VISTA FRONTAL EM CORTE DO BIODIGESTOR MODELO INDIANO, REALÇANDO OS ELEMENTOS FUNDAMENTAIS PARA A SUA CONSTRUÇÃO.....	134
<b>FIGURA 15:</b> CORTE VERTICAL DO BIODIGESTOR MODELO INDIANO, MOSTRANDO TODO O SEU INTERIOR.....	135
<b>FIGURA 16:</b> VISTA FRONTAL EM CORTE DO BIODIGESTOR CHINÊS, REALÇANDO OS ELEMENTOS FUNDAMENTAIS PARA A SUA CONSTRUÇÃO .....	136
<b>FIGURA 17:</b> CORTE DO BIODIGESTOR MODELO CHINÊS, MOSTRANDO TODO O SEU INTERIOR .....	137

<b>FIGURA 18:</b> PÓS-TRATAMENTO DO EFLUENTE DE REATOR DE MANTA DE LODO .....	139
<b>FIGURA 19:</b> DESENHO ESQUEMÁTICO DE UM BIOSISTEMA INTEGRADO .....	144
<b>FIGURA 20:</b> FILTRO ANAERÓBIO CONSTRUÍDO EM VILA IPANEMA PETRÓPOLIS- RJ, UTILIZANDO COMO MEIO SUPORTE GARRAFAS PET E PNEUS RECOLHIDOS PELA COMPANHIA DE DESENVOLVIMENTO DE PETRÓPOLIS.....	146
<b>FIGURA 21:</b> FOTO DO BIOSISTEMA INTEGRADO NA COMUNIDADE VILA DORDENONE, DISTRITO DE ALTO CAXIXE, NO ESTADO DO ESPÍRITO SANTO .....	147
<b>FIGURA 22:</b> FOTO DA CONSTRUÇÃO DOS BIODIGESTORES MODELO CHINÊS EM CRECHE BENEFICIADA COM BIOGÁS .....	184
<b>FIGURA 23:</b> FOTO DE EXEMPLO DE BIOSISTEMA INTEGRADO NA COMUNIDADE SERTÃO DO CARANGOLA- PETRÓPOLIS/ RIO DE JANEIRO .....	184
<b>FIGURA 24:</b> FOTO DO BIOSISTEMA INTEGRADO NA COMUNIDADE VILA DORDENONE, DISTRITO DO ALTO CAXIXE, NO ESTADO DO ESPÍRITO SANTO .....	185
<b>FIGURA 25:</b> USO DO BIOGÁS EM AQUECIMENTO PARA CRIAÇÃO DE PATOS NA REGIÃO SERRANA DO ESTADO DO RIO DE JANEIRO.....	185
<b>FIGURA 26:</b> EMPREGO DE BIOSISTEMAS INTEGRADOS NO TRATAMENTO DE DEJETOS DE SUINOCULTURA PARA PRODUÇÃO DE BIOGÁS .....	186
<b>FIGURA 27:</b> EMPREGO DE BIOSISTEMAS INTEGRADOS EM VILA ECOLÓGICA NA AMÉRICA CENTRAL.....	186
<b>FIGURA 28:</b> USO DE BIOSISTEMA INTEGRADO PARA TRATAMENTO DE ÁGUA MEL DE DESPOLPAMENTO DE CAFÉ E PRODUÇÃO DE BIOGÁS .....	187
<b>FIGURA 29:</b> EMPREGO DE BIOSISTEMA INTEGRADO EM UNIDADE RESIDENCIAL NA CIDADE DE COTIA NO ESTADO DE SÃO PAULO .....	187
<b>FIGURA 30:</b> CONSTRUÇÃO DE BIOSISTEMA INTEGRADO EM JARABACOA NA REPÚBLICA DOMINICANA COM PRODUÇÃO DE ENERGIA A PARTIR DE MOTOR A BIOGÁS .....	188
<b>FIGURA 31:</b> FOTO DE ASPECTO AMBIENTAL ANTES E DEPOIS DA CONSTRUÇÃO DE BIOSISTEMAS NA NICARAGUA- AMÉRICA CENTRAL .....	188
<b>FIGURA 32:</b> EMPREGO DE BIOSISTEMA INTEGRADO EM UNIDADE RESIDENCIAL EM PETRÓPOLIS, NO ESTADO DO RIO DE JANEIRO .....	189



## LISTA DE FLUXOGRAMAS

<b>FLUXOGRAMA 1:</b> ASPECTOS DETERMINANTES NO PROVIMENTO DE INFRA-ESTRUTURA PÚBLICA.....	31
<b>FLUXOGRAMA 2:</b> INTER- RELAÇÃO DA POLÍTICA FEDERAL DE SANEAMENTO BÁSICO COM OUTRAS POLÍTICAS PÚBLICAS. ....	45
<b>FLUXOGRAMA 3:</b> MAPA MENTAL DOS PROBLEMAS DE ESGOTO .....	62
<b>FLUXOGRAMA 4:</b> LINHA DO TEMPO DOS AVANÇOS TECNOLÓGICOS EM TRATAMENTO DE ESGOTOS .....	111

## LISTA DE GRÁFICOS

<b>GRÁFICO 1:</b> DISTRIBUIÇÃO PERCENTUAL DO DÉFICIT URBANO EM ÁGUA E ESGOTOS POR CLASSES DE RENDIMENTO MENSAL DOMICILIAR EM SALÁRIOS MÍNIMOS .....	55
---	----

## LISTA DE QUADROS

<b>QUADRO1:</b> PRINCIPAIS CARACTERÍSTICAS E MARCOS IMPORTANTES DOS PERÍODOS ANTERIORES A 1930, DE 1930- 1950, DE 1968- 1994 E DE 1995- 2007 .....	32
<b>QUADRO 2:</b> PLANEJAMENTO DOS INVESTIMENTOS EM SANEAMENTO BÁSICO.....	53
<b>QUADRO 3:</b> COMPOSIÇÃO QUÍMICA MÉDIA DOS ESGOTOS DOMÉSTICOS.....	59
<b>QUADRO 4:</b> ALTERAÇÕES FÍSICO- QUÍMICAS E BIOLÓGICAS DA ÁGUA EM DECORRÊNCIA DA POLUIÇÃO E SUAS PRINCIPAIS CONSEQUÊNCIAS .....	60
<b>QUADRO 5:</b> PADRÕES DE QUALIDADE PARA ÁGUA DE REUSO, SEGUNDO A NBR 13969/97 <sup>51</sup> .....	95

## LISTA DE ABREVIATURAS

ABCON- Associação Brasileira das Concessionárias de Serviços Públicos de Água e Esgoto.	DMAE- Departamentos Municipais de Água e Esgoto.
ABES- Associação Brasileira de Engenharia Sanitária.	DQO- Demanda Química de Oxigênio.
AESB- Associação de Empresas de Saneamento Básico Estaduais.	EIA- Estudos de Impactos Ambientais.
AIDS- Associação Intramericana de Engenharia Sanitária.	EMBRAPA- Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária.
ANA- Agência Nacional de Águas.	ETA- Estação de Tratamento de Água.
APA- Área de Proteção Ambiental.	ETE- Estação de Tratamento de Esgoto.
APM- Área de Proteção aos Mananciais.	EUA- Estados Unidos da América.
APP- Área de Proteção Permanente.	FAE- Fundos Estaduais de Águas e Esgotos.
ASA- Articulação do Semi- árido.	FAESA- Faculdade Espírito Santense de Administração.
ASSEMAE- Associação dos Serviços Municipais de Água e Esgotos.	FASE - Federação de Órgãos para Assistência Social e Educacional.
AST- Abordagem Sócio-técnica.	FAT- Fundo de Amparo ao Trabalhador.
BACEN- Banco Central do Brasil.	FB- Filtros Biológicos.
BID- Banco Interamericano de Desenvolvimento.	FBB- Fundação Banco do Brasil.
BIOMA- Biogas Institut of Ministry of Agriculture.	FGTS- Fundo de Garantia por Tempo de Serviço.
BIRD- Banco Internacional para Reconstrução e o Desenvolvimento.	FGV- Fundação Getúlio Vargas.
BNDES- Banco Nacional de Desenvolvimento Econômico e Social.	FHC- Fernando Henrique Cardoso (Presidente da República Federativa do Brasil).
BNH- Banco Nacional de Habitação.	FINEP- Financiadora de Estudos e Projetos.
BRTC- Biogas Research and Training Center.	FMI- Fundo Monetário Internacional.
BSI- Biosistema Integrado.	FNMA- Fundo Nacional do Meio Ambiente.
C- Símbolo químico do elemento Carbono	FNS- Fundo Nacional de Saneamento.
CEF- Caixa Econômica Federal	FNSA-Frente Nacional pelo Saneamento Ambiental.
CENBIO- Centro de Referência em Biomassa.	FSESP- Fundação Serviço Especial de Saúde Pública.
CEPAM- Centro de Estudos para a Administração Municipal.	FUNASA- Fundação Nacional da Saúde.
CERH- Conselhos Estaduais de Recursos Hídricos.	GTZ- Deutsche Gesellschaft für Technische Zusammenarbeit.
CESB- Companhias Estaduais de Saneamento Básico.	H <sub>2</sub> S- Símbolo químico do gás Sulfídrico.
CH <sub>4</sub> - Símbolo químico do Metano.	HUI- Hambúrguer UmweltInstitut.
CMN- Conselho Monetário Nacional.	IBAM- Instituto Brasileiro de Administração Municipal.
CNRH- Conselho Nacional de Recursos Hídricos.	IBGE- Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística.
CNS- Conferência Nacional de Saneamento	IDH- Índice de Desenvolvimento Humano.
CONAMA- Conselho Nacional de Meio Ambiente	IEE- Instituto de Eletrotécnica e Energia (Da Universidade de São Paulo).
CONDEP- Companhia Municipal de Desenvolvimento de Petrópolis.	IPEA- Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada.
DBO- Demanda Biológica de Oxigênio.	IPT- Instituto de Pesquisa Tecnológica.
DF- Distrito Federal.	LF- Lagoa Facultativa.
	LOS- Lei Orgânica de Saúde

M.Cidade- Ministério das Cidades.  
M.Defesa- Ministério da Defesa.  
MAPA- Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento.  
MCT- Ministério de Ciências e Tecnologias.  
MDU - Ministério do Desenvolvimento Urbano.  
MEC - Ministério da Educação.  
MI- Ministério da Integração Nacional.  
MMA- Ministério do Meio Ambiente.  
MS- Ministério da Saúde.  
MTE- Ministério do Turismo e Esportes.  
N- Símbolo químico do Nitrogênio.  
NMP- Número mais provável.  
OGU – Orçamento Geral da União.  
OIA – O Instituto Ambiental.  
OMS – Organização Mundial da Saúde.  
ONG – Organização Não Governamental.  
OPAS- Organização Pan- americana de Saúde.  
P- Símbolo químico do Fósforo.  
PAC- Programa de Aceleração do Crescimento.  
PDU- Política de Desenvolvimento Urbano.  
PEAMSS- Programa de Educação Ambiental e Mobilização Social em Saneamento.  
PFSB- Política Federal de Saneamento Básico.  
PH- Potencial Hidrogeniônico da solução.  
PL- Projeto de Lei.  
PLANASA- Plano Nacional de Saneamento.  
PLC- Projeto de Lei Complementar.  
PMSS- Projeto de Modernização do Setor Saneamento.  
PNAD- Pesquisa Nacional por Amostra de Domicílios.  
PND- Programa Nacional de Desestatização.  
PNEA- Programa Nacional de Educação Ambiental.  
PNMA- Política Nacional do Meio Ambiente.  
PNRH- Plano Nacional de Recursos Hídricos.  
PNS- Política Nacional de Saneamento.  
PNSB- Plano Nacional de Saneamento Básico.  
PNUD- Programa das Nações Unidas para o Desenvolvimento.  
PRODES- Programa Despoluição de Bacias Hidrográficas.  
PROSAB- Programa de Pesquisa em Saneamento Básico.  
PVC- Policloreto de Vinila.  
RTS- Rede de Tecnologias Sociais.  
SAAE- Serviços Autônomos de Água e Esgotos.  
SABESP- Companhia de Saneamento Básico do Estado de São Paulo.  
SCI- Sociedades de Crédito Imobiliário  
SEBRAE- Serviço Brasileiro de Apoio a Micro e Pequena Empresa.  
SECON/PR- Secretaria de Comunicação e Gestão Estratégica da Presidência da República.  
SEDU- Secretaria Especial de Desenvolvimento Urbano.  
SEOP- Serviço de Educação e Organização Popular.  
SEPURB- Secretaria de Política Urbana.  
SERFHAU- Serviço Federal de Habitação e Urbanismo.  
SERLA- Superintendência Estadual de Rios e Lagoas.  
SESP - Serviço Especial de Saúde Pública.  
SFS- Sistema Financeiro do Saneamento.  
SIDA- Swedish international development cooperation agency.  
SINIS- Sistema Nacional de Informação de Saneamento.  
SIRH- Sistema de Informação sobre Recursos Hídricos.  
SISNAMA-Sistema Nacional de Meio Ambiente.  
SMDU- Secretaria do Ministério do Desenvolvimento Urbano.  
SMSS- Série Modernização do Setor Saneamento.  
SNGRH - Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos.  
SNSA– Secretaria Nacional de Saneamento Ambiental.  
SS- Sólidos em Suspensão.  
S-Símbolo químico do Enxofre.  
ST- Sólidos Totais.  
TA- Tecnologia Apropriada.  
TAC- Termo de Ajustamento de Conduta.  
TAG- Technology Advisory Group.  
TC- Tecnologias Convencionais.  
TS- Tecnologias Sociais.  
TSE - Tecnologias Sociais e Ecológicas.  
UASB- Upflow anaerobic sludge blanket.  
UFF- Unidade Formadora de Foco.  
UFP- Unidade Formadora de Placa.  
UGL- Unidades gestoras de lodo.  
UGP- Unidade de Gerenciamento do Projeto.  
UNICEF- The United Nations Children's Fund.  
USP- Universidade de São Paulo.  
WHO- World Health Organization.

## INTRODUÇÃO

Através da presente dissertação, pretendeu-se apresentar algumas considerações sobre a atual crise da Área Saneamento no Brasil, para que, a partir delas, fosse possível formular algumas indicações, a respeito dos espaços existentes no Setor Público Federal, que viabilizassem o financiamento de tecnologias de tratamento de esgotos domésticos, por processos que priorizassem atender à dimensão humana do desenvolvimento e aos interesses coletivos de garantir, de maneira sustentável, uma melhor qualidade de vida, tanto presente quanto futura.

Para isso, buscou-se caracterizar quais as condições político-econômicas do Brasil, principalmente, ao longo do século XX, que tiveram papel fundamental no padrão de intervenção pública em saneamento básico. A esse respeito foi feita uma avaliação superficial sobre as alternativas políticas dos programas de saneamento, a partir das opções tecnológicas para tratamento de esgotos domésticos.

Essa introdução fez-se necessária para analisar quais tecnologias se alinham a uma perspectiva de participação social e sustentabilidade dos sistemas como atributo a ser buscado.

Partiu-se do pressuposto, que as motivações do atual modelo capitalista de alocação de recursos, pelos agentes econômicos, têm como finalidade as opções tecnológicas maximizadoras de lucro e, como consequência, observou-se uma complexa problemática referente à poluição, decorrente de falhas nos mecanismos de ajuste do mercado.

Esperou-se, assim, penetrar um pouco na complexidade dos fenômenos, que estão por trás das relações entre o sistema econômico atual e as opções tecnológicas adotadas pela Área Saneamento.

A relevância desse tema assentou-se nos seguintes questionamentos: será que a contínua expansão da escala da economia será compatível, ao longo prazo, com a sustentabilidade ecológica? E, os atuais instrumentos econômicos e tecnológicos são adequados à proposta de desenvolvimento sustentável? Além disso, quais as trajetórias políticas e institucionais mais eficazes para alcançarmos a sustentabilidade ambiental com justiça social?

Todo esse contexto foi usado para destacar a importância da questão das opções tecnológicas, principalmente as relacionadas ao tratamento de esgotos domésticos, como instrumentos de promoção da saúde e conservação do meio ambiente, que foram abordados nessa dissertação.

Então, ao refletir acerca da relevância entre se optar por esta ou aquela tecnologia, chegou-se a seguinte hipótese: mesmo existindo condições tecnológicas, que visem o maior aproveitamento energético e maior equilíbrio ambiental e social, ainda assim, parecem não corresponderem às práticas adotadas.

Como forma de entender tal fenômeno, buscou-se respostas para três perguntas básicas: i) O que levou a atual crise vivida pela Área Saneamento? ii) Quais os elementos constituintes dessa crise? e iii) Quais os cenários favoráveis a sua superação?

Isso não significa que não haja qualidades nas ações, que vêm sendo implementadas até então, mas não correspondem mais a complexidade de situações, que precisam ser levadas em consideração. Pois, além das questões, propriamente, da engenharia, adicionam-se inúmeros outros conflitos como fundiário, inclusão social, habitacional, abastecimento alimentar, saúde pública, planejamento-participativo, sustentabilidade ambiental, entre outros.

Então, foram apresentadas diferentes análises do problema, que envolvem diretamente a Área Saneamento, pois suas ações representam intervenções no meio que ultrapassam, via de regra, os limites locais, podendo ter repercussões das mais variadas escalas.

Nesse sentido, escolheu-se como alvo as tecnologias para tratamento de esgotos doméstico, não por acaso, mas em virtude do questionamento das opções realizadas pela área sobre como e onde investir. Pois, tais decisões pressupõem-se que devam ser lastreadas em critérios de sustentabilidade econômica e ambiental, além de considerarem as dimensões relacionadas à saúde pública e aos interesses da população.

Além disso, buscando enriquecimento à discussão, depreendeu-se um esforço de avaliação da experiência dos sistemas que se baseiam no conceito de Saneamento Ecológico ou *Ecological Sanitation* desenvolvidos por (ESREY, 1998)<sup>2</sup>, que representam uma visão alternativa da economia ambiental neoclássica, em relação a sustentabilidade dos atuais padrões de desenvolvimento econômico. Tais sistemas, buscam promover o correto manuseio de excretas humanas e/ou de animais, de modo à garantir sua segurança sanitária. O que, de certa forma, não diferenciaria das demais.

Além disso, existe a perspectiva de controle e inclusão social no processo relativo a tomada de decisão; procurando modificar e promover o aproveitamento do ciclo de nutrientes do mundo natural, representados pelos seus principais componentes: Carbono-C, Nitrogênio-N, Fósforo-P e Enxofre-S. Por meio de atividades de agricultura e aquíicultura, esses nutrientes passam a compor um novo ciclo produtivo, gerando riquezas e melhorando a qualidade de vida das populações beneficiadas, alterando, assim, os procedimentos tecnológicos convencionais de eliminação.

Para melhor ilustrar essa situação é relevante o entendimento de algumas experiências vivenciadas no Brasil e no mundo.

Tendo em vista esse contexto, escolheu-se estruturar a pesquisa da seguinte maneira:

Na primeira parte, apresentou-se uma breve digressão sobre conceitos de “Saneamento”, para, posteriormente, analisar a contribuição sugerida pelo conceito de Saneamento Ecológico. Acredita-se que as inovações preconizadas por esta definição devam ganhar maior reconhecimento, para ampliar as possibilidades de implantação de tecnologias, que sejam alternativas e/ou complementares às tecnologias convencionais, para o tratamento de esgotos domésticos.

Na segunda parte, foram, brevemente, sumarizadas, as características históricas da Área Saneamento, para identificação dos atores envolvidos.

Essa contextualização fez-se necessária, para melhor analisar a segunda questão levantada: Quais os elementos constituintes dessa crise?

Na seção seguinte, como pano de fundo, determinou-se os limites da ação humana sobre a natureza, para identificar a lógica que gerou a crise ambiental e demonstrar a vinculação entre a ausência do saneamento para o agravamento dos impactos ambientais não desejáveis, além de associá-los aos riscos à saúde pública.

Foram apresentadas algumas tecnologias de tratamento de esgotos e o potencial de reuso dos subprodutos gerados. Destacaram-se os sistemas biológicos para tratamento de esgotos, que têm sido mais largamente empregados no Brasil. Essa ênfase foi dada para melhor compreensão da diferença entre as Tecnologias Convencionais e as que se norteiam pelo paradigma das Tecnologias Sociais.

A importância em se estudar esses conceitos se deve ao objetivo de perscrutar no novo marco regulatório, instituído pela Lei Federal do Saneamento Básico, Lei Nº 11.445<sup>3</sup>, de 05 de janeiro de 2007, quais os espaços institucionais favoráveis para o financiamento público das tecnologias baseadas no conceito de Tecnologia Social? E, principalmente, se esses espaços privilegiam as possibilidades de participação popular deliberativa, por serem fundamentais na acepção do conceito de Tecnologia Social.

Por fim, ao analisarem-se as ações da Área Saneamento, segundo as perspectivas econômica, política, cultural e ecológica, procurou-se, a partir dessa apropriação teórica, apesar de suas limitações, responder a última questão: Quais os cenários favoráveis a sua superação?

A partir dessa análise, desejou-se contribuir com a formulação de um conjunto de ações, que visem disseminar a implantação de tecnologias que tratem os rejeitos próximos de onde são gerados, baseadas no conceito de Saneamento Ecológico. Assim, ampliando as oportunidades dos consumidores acessarem as redes de coleta e tratamento de esgotos, aumentando a cobertura.

Com isso, desejou-se, reforçar as ações da Área Saneamento em função de sua sustentabilidade econômica e ecológica; e, além disso, reduzir os riscos à saúde pública, principalmente, nas áreas com demandas de serviços de tratamento de esgotos.

## JUSTIFICATIVA

A motivação no sentido de escrever esta dissertação deveu-se a constatação de que há um enorme déficit entre a cobertura e o tratamento de esgotos no Brasil. Esse quadro, em muitos casos é agravado pela ineficiência dos gastos realizados pelo Estado, por meio de sistemas de tratamento inadequados, colaborando para os baixíssimos índices ao longo de sua história.

Para identificar o problema da escolha por sistemas de tratamento de esgotos, fez-se necessário providenciar o obscurecido funcionamento das conexões políticas e econômicas, instituídas pelo Estado. Nessa análise, grande ênfase foi dada às possibilidades distributivas das políticas de governo, especialmente às destinadas a melhorar a qualidade de vida dos grupos sociais de baixa renda.

Para isso, analisou-se acerca das soluções para o tratamento de esgotos, que têm sido empregados atualmente. Predominam atualmente os sistemas para o tratamento biológico de esgotos aeróbios, denominadas de Tecnologias Convencionais (TC), por serem robustos e por oferecerem segurança tecnológica. No entanto, há correntes que consideram muitas destas técnicas insustentáveis, por buscarem apenas atenderem aos padrões de descarte em vigor, ou seja, “enquadrá-lo”, utilizando, para isso, enormes volumes de matérias-primas e energia.

Por outro lado, no trabalho em questão, as Tecnologias Sociais (TS) representam uma abordagem sobre as tecnologias de tratamento de esgotos, que encetam, de um lado, um processo de desenvolvimento local, através de atividades de educação ambiental e de outro a intervenção no espaço, através de políticas públicas saudáveis.

Para fins desta dissertação, as tecnologias baseadas nos conceitos de Saneamento Ecológico apresentam-se como Tecnologias Sociais, pois se traduzem em uma mudança no modo como são tratados os subprodutos gerados pelo tratamento dos esgotos, através da abordagem ecossistêmica, buscando-se promover o bem-estar e a saúde da população e ao mesmo tempo recuperar e reciclar os nutrientes.

No Brasil, o Saneamento Ecológico ainda não é uma realidade bem difundida, sendo assim, pretendeu-se fazer a divulgação deste macro tema.



## **OBJETIVOS**

### **OBJETIVO GERAL**

O objetivo dessa dissertação é apontar, assim como analisar as perspectivas de incentivo e de utilização das tecnologias sociais e ecológicas em tratamento de esgotos domésticos no Brasil, apoiado no novo marco regulatório instituído pela PFSB-Lei Nº 11.445/07<sup>3</sup>.

### **OBJETIVOS ESPECÍFICOS**

1. Sumarizar as condições históricas que levaram o Estado a estimular o desenvolvimento de tecnologias de tratamentos de esgotos domésticos, a partir das Políticas de Saneamento no Brasil;
2. Apresentar os sistemas de tratamento de esgotos domésticos empregados no Brasil, descrevendo suas características principais, com ênfase àquelas que possibilitem o reuso dos subprodutos e a integração comunitária;
3. Descrever o conceito de Tecnologias Sociais e Ecológicas e a contribuição do Saneamento Ecológico para o tratamento de rejeitos humanos descentralizados, com a recuperação dos subprodutos com vistas à sustentabilidade e à participação social;
4. Apresentar experiências nacionais e internacionais de Tecnologias Sociais e Ecológicas com ênfase à experiência da ONG brasileira, “O Instituto Ambiental”- OIA;
5. Identificar no novo marco regulatório da Área Saneamento (Lei Nº 11.445/07)<sup>3</sup>, se existem possibilidades de financiamento público de programas e projetos que promovam Tecnologias Sociais e Ecológicas de tratamento de esgotos para áreas destituídas desses serviços.

## **METODOLOGIA**

A pergunta sobre como melhor planejar a prestação dos serviços de tratamento de esgotos domésticos insiste em desafiar a capacidade de reflexão e de formulação de políticas públicas dos órgãos e de especialistas da Área Saneamento. Erros de toda natureza, como a inadequação das soluções propostas e os conflitos com as condições objetivas e as reais necessidades das populações a serem beneficiadas pelos serviços, marcam fortemente os empreendimentos e os processos de gestão no setor.

Em vista disso, optou-se no presente trabalho avaliar criticamente novos paradigmas científicos e tecnológicos, em curso, que visam redirecionar o atual padrão tecnológico dominante. A exemplo das Tecnologias Sociais, incluindo àquelas soluções, que visam empregar o reuso intensivo da água, assim como, a reintrodução completa de resíduos nos ciclos ecológicos e na produção. Sobre as quais ainda não se dominam inteiramente sua importância e as técnicas a serem empregadas para a sua solução, como no caso do conceito de Saneamento Ecológico.

Por esse motivo é importante pensar e desenhar acerca das soluções tecnológicas mais adequadas as variáveis sócio-culturais e ambientais, tendo em vista às expectativas, os valores culturais, as vocações econômicas e as preocupações ambientais da população.

Tendo em vista a tímida produção de trabalhos acerca dessa temática no Brasil, manifesta-se a importância de pesquisar a adequação do tema, a fim de identificar possibilidades de sua aplicabilidade, considerando sua relevância política (habilidade em resultar a potencialização da participação popular); relevância econômica (potencial em resultar benefícios econômicos) e relevância ambiental (potencial que promova a economia de energia em recursos naturais não renováveis), entre outras.

Considerando os questionamentos anteriores, procurou-se elaborar uma pesquisa bibliográfica, de objetivo descritivo.

A opção pela pesquisa bibliográfica deve-se em função da possibilidade de colocar o pesquisador em contato direto com tudo aquilo que foi escrito, oferecendo meios para definir, resolver, não somente questões já conhecidas, como também explorar novas áreas onde os problemas não se cristalizaram totalmente.

Sendo assim, a pesquisa bibliográfica não seria mera repetição do que já foi dito ou escrito sobre determinado assunto. A pesquisa nesses moldes propiciaria o exame de um tema sobre novo enfoque, chegando a conclusões inovadoras. (LAKATOS, 2001)<sup>4</sup>

No que tange ao caráter descritivo, essa dissertação tem por objetivo apontar, assim como analisar as perspectivas de incentivo, de desenvolvimento e de utilização das “Tecnologias Sociais e Ecológicas aplicadas em Tratamento de Esgotos no Brasil”, apoiado no novo marco regulatório da Área Saneamento, instituído pela Lei Nº11. 445/07<sup>3</sup>.

Quanto à forma de abordagem, esse trabalho é predominantemente qualitativo.

A pesquisa qualitativa, na qual se embasa essa dissertação considera o ambiente como fonte direta dos dados e o pesquisador como instrumento. Possui caráter descritivo, em que o processo é o foco principal da abordagem e não o resultado ou produto.

Assim, primeiramente, foram relacionadas às principais modificações do conceito de saneamento, apresentando semelhanças, ampliações e diferenças.

Procurou-se, em seguida contextualizar, historicamente, a lógica da Área Saneamento, evidenciando a estrutura institucional que foi formatada em períodos e gestões distintas. Também foram elencadas as mudanças dos padrões tecnológicos desenvolvidos a partir de intrincadas regras do jogo, muitas vezes sombrias, que funcionam para uns e excluem a maioria.

Esse caminho visou apresentar que, às tecnologias dos serviços de saneamento têm se definido no Brasil, sob forte influência das políticas setoriais (saúde, meio ambiente, recursos hídricos, educação, etc.) determinando as condições de cobertura por sistemas de tratamento de esgotos. Resultando em conseqüências ambientais e potenciais riscos a saúde pública. Neste sentido apontou-se para as interfaces necessárias à disseminação de tecnologias em saneamento.

Buscou-se, de maneira geral, evidenciar a oposição entre o padrão tecnológico convencional (em que predominam a dinâmica do mercado, para alocação de recursos em infraestrutura); em oposição à perspectiva renovadora vinculada à visão das Tecnologias Sociais (cujo foco direciona a um desenvolvimento econômico, político, ambiental e social sustentável), de modo que se maximize o bem-estar dos consumidores e dos produtores.

Por sua vez, privilegiou-se levantar as estruturas tecnológicas defendidas pelo conceito de Saneamento Ecológico enquanto Tecnologia Social, pois representa uma proposta de alteração da gestão, passando a mesma a ser co-responsabilidade do usuário, subentendendo uma função pedagógica de um aprendizado de convivência democrática permanente.

Ao se assumir o compromisso de investigar as possibilidades de construção de políticas públicas, que incentivem a reaplicação de Tecnologias Sociais e Ecológicas em saneamento; formulou-se uma análise crítica da Lei 11.445/07<sup>3</sup>, procurando captar as aberturas existentes às transformações, capazes de criar uma nova agenda institucional, muito mais saudável e sustentável para a Área Saneamento.

Assim, por considerar que diferentes abordagens da pesquisa podem projetar luz sobre diferentes questões, se utiliza como procedimento, diferentes maneiras de coletar e analisar o tema. Portanto, através de abordagens qualitativas, procurou-se elaborar uma pesquisa segundo a técnica de revisão de literatura, realizando análises de forma intuitiva e indutivamente, pois não requereu o uso de métodos estatísticos, tendo como preocupação maior a interpretação dos fenômenos e a atribuição dos resultados. Esperando-se, desse modo, obter uma idéia mais ampla e inteligível da complexidade do tema. (GOUDENBERG, 1997)<sup>5</sup>

## CAPITULO 1 ASPECTOS ESSENCIAIS DOS SERVIÇOS DE SANEAMENTO

### 1.1 Conceito de Saneamento

Primeiramente, faz-se necessário conhecer o conceito de saneamento, para daí, buscar uma relação entre as políticas de saneamento e as alternativas tecnológicas aplicadas em esgotamento sanitário.

O conceito de saneamento, como qualquer outro, vem sendo socialmente construído ao longo da história da humanidade, em função das condições materiais e sociais de cada época, do avanço do conhecimento e da sua apropriação pela população.

Ao longo dos séculos, o saneamento foi tratado segundo diferentes abordagens. No final da Idade Média, já existia uma relação, mesmo que intuitiva entre saneamento do meio e processo de doença, concepção que se manteve no século XVII, com a Teoria dos Miasmas. No século XVIII, a causa das enfermidades era entendida pelas condições de vida e trabalho das populações e, com o advento da microbiologia, a concepção “ambiental” foi substituída pela “biológica”, subestimando-se a importância do ambiente físico e social. (HELLER, 1997)<sup>6</sup>

Modernamente, a noção do saneamento vinculada à infra-estrutura das cidades se tornou hegemônica. Essa estratégia é proveniente das contribuições do Banco Internacional para Reconstrução e o Desenvolvimento (BIRD) e do Banco Interamericano de Desenvolvimento (BID), que tratam as ações de saneamento no âmbito da “pasta” de infra-estrutura. A forte influência dessas instituições nas políticas públicas dos países ditos periféricos implicou num alinhamento dos países as orientações dessas instituições. O afastamento das ações de saneamento do campo da saúde pública repercutiu no distanciamento dessas ações do campo da política social, onde o dever do Estado perante a sua promoção seria mais amplo. (SANTOS JUNIOR & PORTO, 1998 )<sup>7</sup>

A situação exposta se verifica na conceituação clássica inscrita no Manual de Saneamento da Fundação Nacional de Saúde-FUNASA de 1974, onde o saneamento é visto como: “O conjunto de medidas que visam à modificação das condições do meio ambiente com a finalidade de promover a saúde e prevenir as doenças”. (BRASIL. Ministério da Saúde. FUNASA, 2004)<sup>8</sup>

O conceito da OMS que o define como:

*“O controle de todos os fatores do meio físico do homem que exercem ou podem exercer efeito deletério sobre seu bem estar físico, mental e social”*. (SANTOS JUNIOR & PORTO, 1998)<sup>7</sup>

Outra definição é descrita como:

*“O conjunto de ações e relações que o homem estabelece para manter ou alterar o ambiente no sentido de evitar ou controlar doenças, promovendo o conforto e o bem estar”*.

(SANTOS JUNIOR & PORTO, 1998)<sup>7</sup>

Percebe-se, de antemão, que:

*“A articulação do saneamento com o enfoque ambiental, ao situá-lo no campo do controle dos fatores do meio físico, e com a abordagem preventiva de saúde, assumindo que a própria OMS considera o bem estar físico, mental e social como definição de saúde”*. (HELLER, 1997)<sup>6</sup>

Pode-se descrever o relacionamento do saneamento com outros setores, através de uma série de atividades, tais como: (SANTOS JUNIOR & PORTO, 1998)<sup>7</sup>

- Abastecimento de água, incluindo captação, adução, tratamento, reservação e distribuição;
- Coleta, transporte, tratamento e destino final de esgotos sanitários; resíduos industriais líquidos e águas pluviais;
- Acondicionamento, coleta, transporte, tratamento e destino final de resíduos sólidos urbanos e industriais;
- Controle de vetores e reservatórios de doenças transmissíveis;
- Saneamento dos alimentos;
- Condições de salubridade nas habitações, locais de trabalho, de recreação, serviços de saúde e estabelecimentos de ensino;
- Controle da poluição do ar, da água e do solo;
- Planejamento territorial e urbano;
- Vigilância sanitária da água de consumo humano, dos meios de transporte, portos, aeroportos, rodoviárias e fronteiras;
- Saneamento em situações de emergência e calamidade pública;
- Educação sanitária e ambiental;
- Abastecimento de água, caracterizado como o fornecimento às populações de água em quantidade suficiente e com qualidade que a enquadre nos padrões de potabilidade;
- Esgotamento sanitário, compreendendo a coleta dos esgotos gerados pelas populações e sua disposição de forma compatível com a capacidade do meio ambiente em assimilá-los;
- Limpeza pública, incluindo todas as fases de manejo dos resíduos sólidos domésticos, até sua disposição final, compatível com as potencialidades ambientais;
- Drenagem pluvial, significando a condução das águas pluviais, de forma a minimizar seus efeitos deletérios sazonais sobre as populações e as propriedades;
- Controle de vetores de doenças transmissíveis, especialmente artrópodes e roedores;
- Aspectos diversos referentes ao saneamento do meio como cemitério, ventilação, iluminação, insolação, etc.

Define-se saneamento básico como:

*“O conjunto de ações, entendidas fundamentalmente como de saúde pública, compreendendo o abastecimento de água em quantidade suficiente para assegurar a higiene adequada e o conforto, com qualidade compatível com os padrões de potabilidade; coleta, tratamento e disposição adequada dos esgotos e dos resíduos sólidos; drenagem urbana de águas pluviais e controle ambiental de roedores, insetos, helmintos e outros vetores e reservatórios de doenças”* (BORJA, 2006)<sup>9</sup>

Devido à difícil articulação de todas as atividades que mantinham interface com as ações de saneamento e em virtude da escassez de recursos, estabeleceram-se como prioridades de financiamento para o setor o abastecimento de água e a coleta de esgotos. (SANTOS JUNIOR & PORTO, 1998)<sup>7</sup>

Observa-se que vários eventos internacionais passaram a reexaminar a interface entre saúde e meio ambiente de maneira global. Entre eles a declaração da pioneira Conferência das nações Unidas sobre o Meio Ambiente Humano, realizada em Estocolmo em 1972, destacou pela primeira vez na história, que as atividades humanas podem destruir frágeis equilíbrios ecológicos essenciais para a reprodução da vida. Percebeu-se que as condições ambientais, também determinam as condições de saúde. (BRASIL: MS. 1995)<sup>10</sup>

Surge então o conceito de “Saneamento Ambiental” que teria um sentido mais amplo, relacionando-se, também, com os aspectos culturais, econômicos e administrativos e medidas de uso e ocupação do solo. (BRASIL. Ministério das Cidades, 2005)<sup>11</sup>

Por Saneamento Ambiental entende-se *“o conjunto de ações técnicas e sócio-econômicas, fundamentalmente, de saúde pública, tendo por objetivo alcançar níveis crescentes de salubridade ambiental, compreendendo o abastecimento de água em condições adequadas; a coleta, o tratamento e a disposição adequada dos esgotos, resíduos sólidos e emissões gasosas; prevenção e controle do excesso de ruídos; a drenagem urbana das águas pluviais; o controle ambiental de vetores e reservatórios de doenças; promoção da disciplina sanitária de uso do solo e demais obras especializadas, com a finalidade de promover e melhorar as condições de vida urbana e rural”*. (BRASIL. FUNASA, 2004)<sup>8</sup>

Esta definição mais abrangente foi construída após um longo debate com representantes de todos os atores do setor, que aconteceu durante o período que antecedeu a promulgação da Constituição de 1988, na busca da construção de uma nova política pública para o saneamento, sendo referendada pela Conferência Nacional de Saneamento- CNS realizada em outubro de 1999, em Brasília- DF. (BRASIL: MS. 1995)<sup>10</sup>

No entanto, apesar de incorporar o componente ambiental a sua agenda, a Área Saneamento não conseguiu, na prática, articular em suas formulações a integração destas ações. (SANTOS JUNIOR & PORTO, 1998)<sup>7</sup>

Surgem então as seguintes questões: será que as formas de atuação do Governo Federal, através das políticas públicas e do conjunto de agentes que participam da construção da Área Saneamento interferem nos padrões de qualidade e quantidade dos serviços ofertados? E, o padrão tecnológico pode contribuir para que as ações de saneamento sejam socialmente mais justas e ambientalmente mais sustentáveis?

Assim, procurou-se resgatar os principais marcos institucionais da Área Saneamento para compreender sua influência na determinação do padrão tecnológico adotado no Brasil.

É importante frisar que, apesar dos serviços de saneamento envolverem o abastecimento de água, o esgotamento sanitário, a drenagem pluvial, a coleta de lixo e o controle de vetores e pragas, apenas os serviços de esgotamento sanitário serão discutidos nesse trabalho.



## **CAPITULO 2 O PAPEL DOS ARRANJOS INSTITUCIONAIS DO SETOR SANEAMENTO NO BRASIL**

Nesse capítulo, são apresentados alguns antecedentes históricos, os arranjos institucionais da Área Saneamento no Brasil. Buscou-se localizar nessa trajetória, como as diversidades de arranjos institucionais, responsáveis pela prestação dos serviços de saneamento básico, fizeram com que fossem adotadas, ao longo da história, diferentes tecnologias, mas que se mostraram incapazes de universalizar o acesso.

Dessa forma, procurar-se-á, primeiramente, entender as questões que levaram a adoção de determinada tecnologia, o que já constitui tarefa bastante complexa, pois envolvem um conjunto de agentes que ainda não foram suficientemente conhecidos. Deixou-se a caracterização dos tipos de soluções tecnológicas para tratamento de esgotos domésticos mais utilizados no Brasil para serem discutidas em capítulo posterior.

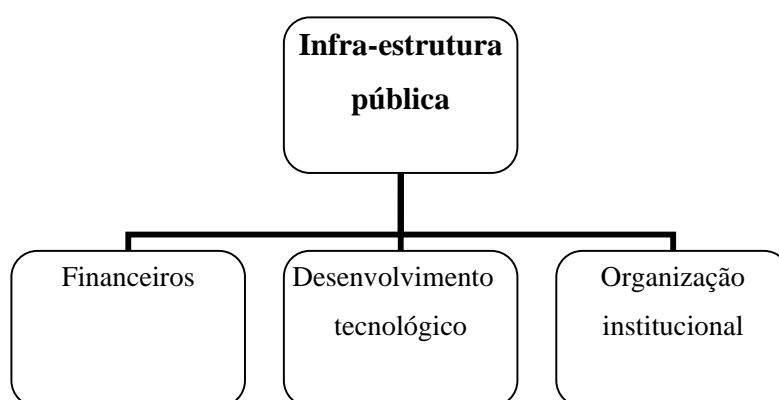
Um aspecto que chama a atenção é a insuficiência de trabalhos analíticos que consigam identificar a qualidade dos serviços de tratamento de esgotos domésticos prestados à população no Brasil, dependendo do propósito que se deseja.

Mesmo atualmente, apesar de existir um sistema de informação sobre saneamento, o Sistema Nacional de Informação de Saneamento- SINIS, ainda faltam indicadores qualitativos sobre os serviços. Destacando-se o tipo de tecnologia, os custos de implantação e manutenção dos investimentos adotados, além da relação dos custos-benefícios econômicos, sociais e ambientais, que poderiam contribuir positivamente para garantir formas mais transparentes de escolha dessas opções. (HELLER, 2006)<sup>12</sup>

Acredita-se que a popularização da informação sobre métodos, técnicas e processos pode trazer como consequência a ampliação da democratização. Assim como o favorecimento do controle social sobre as possibilidades tecnológicas que considerassem as peculiaridades locais e regionais; a capacidade de pagamento dos usuários; a eficiência e sustentabilidade econômica e ambiental. (SANTOS JUNIOR & PORTO, 1998)<sup>7</sup>

Torna-se fundamental reconhecer que as intervenções na área de infra-estrutura pública e dos serviços a ela atrelados, de um modo geral, podem estar condicionadas por diversos aspectos, porém, destacam-se os aspectos financeiros, de desenvolvimento tecnológico e de organização institucional, como podem ser observados no fluxograma abaixo (Fluxograma 1).

**FLUXOGRAMA 1: Aspectos Determinantes no Provimento de Infra-Estrutura Pública**



FONTE: (FONSECA, A. R. 2008)

Porém, como a correlação desses aspectos não é o objetivo principal desse trabalho, mas para proporcionar um melhor entendimento do contexto que se insere, se for de interesse um maior aprofundamento do tema sugere-se consultar as referências abaixo relacionadas, considerando suas especificidades: relacionado aos aspectos financeiros (BRASIL. Ministério do Planejamento e Orçamento, 1995)<sup>13</sup> de desenvolvimento tecnológico (NETO, 1997)<sup>14</sup>; (CHERNICHARO, 1997)<sup>15</sup>; (KLIGERMAN, 1995)<sup>16</sup>; (ROQUE, 1997)<sup>17</sup>; (SPERLING, 1995)<sup>18</sup> e de organização institucional (BRASIL. Ministério do Planejamento e Orçamento, 1995)<sup>19</sup> só para citar alguns exemplos.

Teoricamente, essas decisões estão vinculadas ao poder estatal, sendo o financiamento atrelado à área econômica, o tecnológico à área setorial de serviços (energia, telecomunicações, saneamento, etc.) e o institucional à administração do Estado. Portanto, levando-se em consideração que há grande interdependência entre os três aspectos supracitados, as decisões tomadas, em qualquer desses campos, pode influenciar direta e indiretamente as demais. (SILVA, 1999)<sup>20</sup>

Considerando que a atuação do Estado Brasileiro na produção das infra-estruturas em saneamento é, muitas vezes, bastante obscura, em virtude dos diferentes desenhos com que cada governo tratou o assunto. Para melhor compreensão dos arranjos institucionais em seus processos históricos, procurou-se dividi-los em diferentes momentos históricos de acordo com suas particularidades.

## 2.1 Contextualização Histórica da Área Saneamento

Com o propósito de visualizar cenários prospectivos para inserção das propostas de Tecnologias Sociais e Ecológicas, como instrumentos de transformação social, aplicadas na agenda político-institucional e tecnológica da Área Saneamento, optou-se por apresentar sua evolução histórica, a partir de um breve quadro analítico (Quadro 1), e que foi dividido em 4 (quatro) períodos distintos da trajetória dos modelos institucionais do Setor no Brasil.

**QUADRO 1: Principais Características e Marcos Importantes dos Períodos Anteriores a 1930, de 1930- 1950, de 1968- 1994 e de 1995- 2007**

PERÍODOS	PRINCIPAIS CARACTERÍSTICAS	MARCOS IMPORTANTES
<b>- Período anterior a 1930</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Serviços deficientes;</li> <li>▪ Demanda (cresce) &gt; Serviços (insuficientes);</li> <li>▪ Controle sanitário das habitações;</li> <li>▪ Precariedade dos serviços de água e esgotos.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Estado liberal;</li> <li>▪ Saneamento urbano e campanhas contra epidemias;</li> <li>▪ Atuação do Estado → Concessão dos serviços de água e esgotos ao setor privado;</li> <li>▪ Tecnologias importadas.</li> </ul>
<b>Período de 1930 a 1950</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Saúde ocupando lugar central na agenda pública;</li> <li>▪ Mudança na orientação da tecnologia em sistemas de esgotos (separador absoluto);</li> <li>▪ Trabalho de Saturnino de Brito.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Estado de Bem-Estar</li> <li>▪ Elaboração do Código das Águas (Decreto N° 24.643/34);</li> <li>▪ Liga Pró- Saneamento (Oswaldo Cruz);</li> <li>▪ SESP- Tecnologias apropriadas; influência Norte-Americana.</li> </ul>

<p><b>- Período de 1968 a 1994</b></p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Ditadura Militar</li> <li>▪ Centralização nas CESBs;</li> <li>▪ Planejamento em nível nacional- BNH/SFS;</li> <li>▪ Modelo de sustentação por meio de “subsídios cruzados” e criação do FGTS;</li> <li>▪ Aumentam as preocupações com as questões ambientais;</li>   <li>▪ 1985-1994-Crise institucional política, fiscal e econômico- financeira do país;</li> <li>▪ Abertura política;</li> <li>▪ Discussão de novos arranjos institucionais.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Estado Hegemônico</li> <li>▪ Criação do PLANASA;</li> <li>▪ Evolução dos índices de cobertura de abastecimento de água e tratamento de esgotos;</li> <li>▪ Hiperdimensionamento de componentes e a adoção de técnicas e produtos de conteúdo tecnológico relativamente avançado;</li> <li>1981 – Instituição da PNMA;</li> <li>▪ 1986 – Extinção do BNH, sem a consolidação de nova política para a Área Saneamento;</li> <li>▪ 1992- Fim do PLANASA;</li> <li>▪ Ampliação das pesquisas na área de sistemas simplificados de tratamento de esgotos – PROSAB</li> </ul>
<p><b>- Período de 1995- 2007</b></p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ <u>Governo Fernando Henrique:</u></li> <li>- Projeto de modernização institucional e operacional de caráter privatista - PMSS;</li> <li>- Ações compensatórias- foco na pobreza;</li> <li>- Indefinição do marco regulatório e do financiamento.</li>   <li>▪ <u>Governo Lula:</u></li> <li>- Reinserção da União como regulador e financiador das políticas urbanas;</li> <li>- Criação do M. das Cidades e da SNSA.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Diversidade de arranjos institucionais- 9 órgãos públicos federais desenvolviam ações de saneamento: M.Cidades; Ministério da Integração Nacional -MI ; Ministério da Saúde- MS; Ministério do Meio Ambiente- MMA; Ministério da Defesa- MD; Ministério do Turismo- M.Turismo; CEF; BNDES; Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento- MAPA.</li> <li>▪ Criação da nova Lei Federal de Saneamento Básico - Nº 11.445/07<sup>3</sup>.</li> </ul>

FONTE: (FONSECA, A. R. 2008)

Procurou-se demonstrar como o Estado brasileiro e, em consonância com este, a própria Área Saneamento encarou, ao longo da história, os padrões tecnológicos adotados no fornecimento da infra-estrutura física dos serviços à população, em particular a dos sistemas de tratamento de esgotos, de modo a compreender as causas de suas deficiências.

Pôde-se perceber que através do processo de formação da oferta dos serviços públicos no Brasil, ficou clara a preferência conferida pelo Estado à concessão de condições para produção capitalista, pautada na lógica do crescimento como condição necessária para o desenvolvimento.

O primeiro período retratado demonstra que, a atuação do Estado funcionava apenas como poder concedente na promoção de empresas, apoiado nas premissas Liberais. Essas empresas, de origem estrangeira, se dedicaram a construir as primeiras redes de abastecimento de água e de esgotos sanitários no Brasil. Embora tenham propiciado a construção de sistemas em diversas cidades, o antigo processo de concessão à iniciativa privada não obteve resultados satisfatórios, abrangendo apenas áreas centrais dos núcleos urbanos.

Essa deficiência nos serviços se deveu ao ritmo acelerado de crescimento urbano, o qual criou um grande aumento da demanda, que não foi acompanhado, no mesmo ritmo, pela oferta e, ainda, agravado pela má qualidade dos serviços prestados.

Como consequência, entre as décadas de 1910 e 1920, ocorreram intensas agitações políticas em torno da questão sanitária, fazendo com que a saúde ocupasse um lugar central na agenda pública. A partir daí as ações de saneamento passaram a ser consideradas como de saúde pública, o que levou a um maior incentivo para formação de recursos humanos na área de engenharia sanitária. Esse primeiro grande salto ficou conhecido como “A Era do Saneamento”, sendo introduzidas bases científicas modernas, com destaque para as pesquisas desenvolvidas por Oswaldo Cruz. Esse período encerrou-se na década de 1930, quando o Estado inicia um processo de centralização política em nível Federal, passando a intervir mais diretamente em ações de saneamento.

O período que se inicia em 1930, induzido pela crise econômica mundial, e pelo caráter centralizador e de maior autonomia ao Estado, foram fatores importantes para o surgimento de políticas sociais de âmbito nacional, aplicadas, sobretudo, em áreas urbanas ou de interesse estratégico.

Pôde-se verificar um incremento do número de cidades com abastecimento de água e uma mudança na orientação do uso de tecnologias para o recolhimento e tratamento de esgotos. Optou-se pelo modelo de sistemas de separador absoluto, fortemente marcado pelo trabalho de Saturnino de Brito, que defendia planos estreitamente relacionados com as exigências sanitárias de cunho higienista.

No tocante ao tratamento de esgotos, prevaleceu a utilização de tecnologias importadas altamente sofisticadas nos grandes centros urbanos. Essas demandavam operações complexas e altos custos de execução e geração, nas quais os esgotos eram reunidos em grande volume para serem tratados em estações de tratamento centralizadas e posteriormente, descartados nos cursos d'água. Esses modelos deixavam à margem das decisões, tanto a sociedade, como os próprios municípios atendidos.

No período após a II Guerra Mundial, a estratégia de desenvolvimento nacional incentivou a industrialização baseada na substituição de importações. Dentre as proposições centrais dessa estratégia, destacam-se: as intervenções na infra-estrutura, o protecionismo de determinados ramos industriais e a supervalorização das taxas de câmbio. Buscou-se assim beneficiar as importações de insumos, numa atuação que lhe conferiu matizes de Estado de Bem-Estar. O ideário desenvolvimentista via a indústria como sua locomotiva e o Estado como seu planejador e impulsor. Com isso, esperava-se assegurar um processo interno de acumulação e produção capitalista, pautado na implementação de políticas econômicas como instrumento de promoção do desenvolvimento. Dessa forma, iniciou-se a intervenção estatal na Área e o processo de nacionalização das concessionárias estrangeiras.

Esse momento foi marcado por acontecimentos de grande relevância para a Engenharia Sanitária brasileira. Foram desenvolvidos diferentes modelos de gestão e também soluções para o financiamento. Criaram-se os primeiros cursos de pós-graduação em Engenharia Sanitária, como a Faculdade de Higiene e Saúde Pública de São Paulo e a Fundação da Associação Interamericana de Engenharia Sanitária- AIDIS, que contaram com o apoio dos Estados Unidos da América- EUA.

Destaca-se, ainda, o estabelecimento do Serviço Especial em Saúde Pública- SESP, que com inventividade propôs uma forma alternativa de gestão dissociada da administração direta municipal, os Serviços Autônomos de Água e Esgotos- SAAEs.

Estes órgãos contavam com autonomia administrativa, financeira e técnica, que proporcionava aos municípios condições de firmar acordos e convênios com entidades técnicas especializadas.

Com relação às tecnologias adotadas, o SESP também contribuiu no desenvolvimento e aplicação de Tecnologias Apropriadas, com conceitos novos e flexíveis de viabilidade técnica, econômica e social.

A partir de 1950, as normas institucionais e as políticas governamentais convergiram para um modelo de prestação de serviços baseado na constituição e presença estatais nas funções de gestão, coordenação e produção de grandes blocos de investimentos. Tendendo hora para liberalização da regulação existente (com vistas a estimular o investimento privado), hora à ampla nacionalização dos serviços.

O Estado passa a atuar de forma hegemônica, nos campos econômico, financeiro, administrativo e político a partir da década de 1960. Apesar desta forma de atuação, não havia qualquer menção ao planejamento urbano e territorial como mecanismo de indução ao desenvolvimento. Havia, na verdade, uma atuação pública no tocante ao provimento dos serviços urbanos.

A terceira fase, iniciada em 1968, se caracteriza pela busca de uma maior autonomia dos serviços, através de um modelo de gestão empresarial. Nesse sentido, desempenharam papéis centrais as agências internacionais de desenvolvimento, como o BIRD e, no caso da América Latina o BID. Sendo implementados mecanismos de suporte financeiro e assistência técnica, ainda com forte presença da cooperação dos EUA.

Sob o ponto de vista organizacional, ocorreram mudanças nas políticas de previdência, habitação e saneamento como resposta às demandas por políticas sociais, por apresentarem duplo caráter de condição geral para a produção econômica e para a reprodução social.

Para tanto, foram criadas instituições como o Banco Central- BACEN, o Conselho Monetário Nacional- CMN, o Banco Nacional de Habitação- BNH, as Sociedades de Crédito Imobiliário- SCI e o Serviço Federal de Habitação e Urbanismo- SERFHAU, além do Fundo de Garantia por Tempo de Serviço- FGTS.

Procurou-se induzir uma profunda transformação na Área Saneamento, sendo implantado um modelo de execução, sob a forma das Companhias Estaduais de Saneamento Básico- CESB, que funcionavam como *holdings* estaduais. Estas eram orientadas em direção à eficiência, à auto-sustentação financeira, através do retorno dos investimentos, pela arrecadação de tarifas. Além disso, a Área Saneamento passava a assumir um caráter cada vez mais independente do Setor de Saúde, passando a inserir-se no âmbito da pasta de infra-estrutura.

Para consolidação desse modelo foi criado o Plano Nacional de Saneamento- PLANASA, integrante do Sistema de Financiamento do Saneamento - SFS, com o objetivo de garantir a execução de um plano autofinanciável. Tendo sido fixadas metas específicas de expansão quantitativa da cobertura de atendimento da população para os serviços de abastecimento de água e coleta de esgotos.

Verificou-se que o modelo de gestão em torno do PLANASA só foi possível em função do regime autoritário, extremamente centralizado e hierarquizado, inexistindo mecanismos de controle social. Esse modelo favoreceu a penetração de interesses privados nas agências responsáveis pela elaboração de projetos de saneamento, sobretudo, dos grupos ligados a obras públicas e à construção civil. Esse arranjo em torno das CESBs induziu a formação de um aparato corporativista e clientelista altamente burocrático, por parte dos agentes implementadores das infra-estruturas públicas, vinculados à burguesia empresarial formada por empresas produtoras de materiais e equipamentos, empreiteiras e empresas de engenharia.

No que diz respeito às tecnologias de tratamento de esgotos sanitários, privilegiou-se padrões tecnológicos de conteúdo avançado, consagrados e empregados pelos países industrializados. Os projetos caracterizavam-se por serem hiperdimensionados, pouco adaptados às condições físicas, demográficas, sociais e econômicas brasileiras. (MELO, 1989)<sup>21</sup>

Nesse ponto, os sistemas de tratamento por lodos ativados tiveram enorme aceitação, haja vista a maioria das estações de tratamento de médio e grande porte adotarem esse processo no Brasil.

Outro aspecto a destacar é que os municípios que não quiseram aderir ao PLANASA ficaram à margem dos financiamentos, sendo obrigados a custear os investimentos com recursos de outras fontes, em particular as do orçamento fiscal. Desse modo, restringiu-se a possibilidade de capacitação técnica e financeira da maioria dos municípios para administrarem, de maneira eficaz os serviços.



Além disso, o regime tarifário instituído pelo PLANASA, baseado na auto-sustentação tarifária induzia a uma minimização de aplicações de fundo perdido, de forma a se obterem economias de escala e a maior eficiência na gestão empresarial. Isso se deveu aos condicionamentos para aprovação dos projetos, tendo em vista à sua viabilidade econômica e financeira. O modelo também previa que os municípios supostamente deficitários seriam subsidiados pelos municípios superavitários, esse mecanismo é conhecido como subsídios cruzados. Porém, exigia a fixação de uma tarifa única para todo o estado, o que dificultava o equilíbrio financeiro do conjunto dos sistemas, principalmente, daqueles operados pelos próprios municípios.

É importante destacar que o modelo PLANASA não foi totalmente aplicado, implicando no aparecimento de algumas distorções, tais como: a) a transferência de recursos de municípios, que tinham serviços economicamente equilibrados para outros municípios, inviabilizando os investimentos necessários para sua ampliação e modernização; b) a falta de transparência na aplicação dos subsídios promoveu o uso político dos recursos; c) estimativas equivocadas na previsão de desenvolvimento urbano conduziram a elaboração de projetos superestimados com capacidade ociosa elevada; d) a fixação de tarifas insuficientes à cobertura dos gastos operacionais e dos encargos financeiros; e) custos operacionais e investimentos excessivos, obrigando a cobrança de tarifas superiores à capacidade de pagamento dos usuários; f) a implantação de uma única modalidade de oferta de serviços em todo território nacional, desconsiderando as peculiaridades regionais e locais; g) ampliações realizadas sem avaliação das perdas ou em sistemas de grande porte que poderiam ter sido executados por etapas ou adotando outros padrões tecnológicos; h) ausência de instrumentos de integração com os Setores de Saúde, Meio Ambiente e Recursos Hídricos.

Em vista desses fatos, ocorreu uma distribuição desigual dos investimentos entre estados e entre regiões de um mesmo estado, ou município. Como consequência, a demanda não atendida ficou concentrada nas periferias das grandes cidades, nos menores municípios e nas áreas rurais.

Embora as políticas de saneamento apresentassem esse quadro extenso de problemas e fragilidades, o fator determinante para o desmantelamento do sistema existente foi a incapacidade financeira de se gerarem recursos para o desenvolvimento das políticas. Como o financiamento baseava-se na capacidade de expansão do FGTS, que, por sua vez, tinha um comportamento pró-cíclico, ou seja, expandia-se ou contraía-se de acordo com as características do ciclo econômico.

Com a crise e a recessão dos anos 1980, a folha salarial se retraiu ao mesmo tempo em que aumentaram as demandas dos desempregados sobre o FGTS. Paralelamente, ampliou-se a inadimplência das CESBs apresentando despesas operacionais e serviços de dívidas superiores às receitas.

O esgotamento dos mecanismos de financiamento do setor, com base nos princípios do SFS e do PLANASA, acabou por levar a extinção do BNH. Assim, desmontava-se a principal estrutura reguladora que controlava a ação das empresas estaduais de saneamento básico, responsáveis pela prestação de serviços de abastecimento de água e esgotamento sanitário na maioria das cidades brasileiras. A gestão do SFS passou a ser feita pela Caixa Econômica Federal- CEF, mas não herdou do BNH nem as prerrogativas, nem a capacitação técnica para continuar exercendo a função reguladora daquele.

A partir de então, a regulação passou a ser exercida pelos órgãos da administração direta investidos dessa competência, inicialmente pela Secretaria de Saneamento do Ministério do Desenvolvimento Urbano- SMDU e seus sucessores. Do ponto de vista da vinculação institucional, as constantes mudanças de órgãos da administração direta, por onde passou a pasta da Área Saneamento, no período que vai de 1985 até 1994, contribuiu para o enorme esvaziamento no planejamento das políticas de saneamento. Entretanto, várias iniciativas do governo federal obtiveram relativo sucesso na ampliação da cobertura, mas conservou intactas as feições que lhe foram conferidas pelo PLANASA.

Os recursos disponíveis após o término do PLANASA vieram do Orçamento Geral da União- OGU, do FGTS e das instituições de fomento internacionais, principalmente, o BIRD e o BID, possibilitando a realização de importantes programas federais iniciados ainda na década de 1990, mas também sem conseguir alcançar resultados significativos na melhoria do sistema.

Os programas focaram-se em dois objetivos principais: aqueles voltados para população de baixa renda, de caráter compensatório; e aqueles mais voltados para a modernização e desenvolvimento institucional da Área.

Destacou-se, no segundo grupo, o Programa de Modernização do Setor Saneamento – PMSS, criado com o objetivo de induzir uma mudança na sua regulação.

Esse programa tinha caráter, eminentemente, privatista, apoiado no modelo neoliberal desencadeado pelos países industrializados desenvolvidos, na segunda metade da década de 1980. Vale salientar, que esse processo teve repercussão, tanto no caso da política urbana, como nas estruturas setoriais de oferta de serviços.

A reforma reguladora, aprofundada nos primeiros anos da década de 1990, determinou o desmonte de instrumentos de controle público típicos do Estado burocrático, sem que se tivessem instituído outros mais adequados à cultura gerencial que se pretendia implantar na gestão pública.

Isso fica claro ao se observar como ocorreram as primeiras privatizações de serviços públicos, através do Programa Nacional de Desestatização- PND, pois foram realizadas antes de serem estabelecidas as respectivas estruturas reguladoras setoriais.

No plano político, esse processo ocorreu em paralelo com a plena democratização em curso no país, iniciada nos anos 1980, quando são introduzidos novos pontos relacionados à esfera do planejamento de políticas públicas, como a questão da descentralização, da desconcentração, flexibilização, a introdução de novas parcerias com o setor privado e a participação social. No discurso oficial, as políticas sociais adquiriram novos contornos, sendo o leque reforçado com a inclusão das dimensões ambiental e sanitária, além da geração de emprego e renda.

Entretanto, estados e municípios, apesar de obterem receitas adicionais, não dispunham nem da formalização das novas obrigações, nem da capacitação necessária para administrar os investimentos, o que acabou resultando na estagnação, quando não na deterioração dos serviços públicos.

No processo de mudanças que atravessava a Área Saneamento ficou clara a necessidade de estabelecer um sistema regulador mais estável. Assim, durante toda a década de 1990, ocorreram avanços no diagnóstico e na apresentação de soluções dos principais problemas da Área, chegando a um consenso sobre a necessidade de modernização e ampliação da cobertura dos serviços.

Destacou-se, nesse momento, a proposta do Projeto de Lei- PL Nº 199, como um marco na tentativa de organização da Área. O projeto tinha, entre seus méritos, o tratamento do saneamento na perspectiva da construção de um sistema nacional, de caráter público, que integrasse diversas ações, definindo competências e prevendo também instrumentos de controle social.

Propunha, entre outras coisas, a criação de um Sistema Nacional de Saneamento, de um Conselho Nacional de Saneamento e de um Fundo Nacional para o Saneamento. Contemplava, ainda, o conceito de Saneamento Ambiental, em sua acepção mais ampla.

No entanto, em 1994 o Presidente Fernando Henrique Cardoso- FHC vetou-o na íntegra. Assim, iniciou-se uma nova era no tocante ao papel do Estado em relação à promoção do desenvolvimento econômico, tendo-se intensificado nesse período, o programa de privatizações.

A despeito do desmonte da máquina estatal, teve início uma gradual recuperação das políticas sociais, marcadas por um novo desenho: a focalização na pobreza; a seleção de programas que objetivassem a inserção produtiva e/ou a descentralização de poder e dos recursos, além da ampliação das instâncias de participação popular e do setor privado como co-responsáveis.

O novo desenho dessas políticas pode ser traduzido num conjunto de mudanças/ inovações que se processaram em três níveis:

- Político-institucional – através da descentralização político-administrativa, com o reforço da ação no nível local ou municipal, mais comprometidas com a dinâmica da comunidade;
- O da sociabilidade – com elevado grau de participação popular nos processos de decisão, elaboração, implementação, operação e distribuição das políticas e bens;
- O das relações público-privado – abrangendo o setor privado lucrativo e o não-lucrativo na produção e oferta dos bens e serviços sociais, como, por exemplo, os mutirões de autoconstrução, as diversas experiências de ajuda mútua, as práticas comunitárias e de vizinhança (creches comunitárias, coleta e processamento de lixo e agricultura familiar), através do envolvimento de associações voluntárias e redes de Organizações Não-Governamentais- ONGs.

A partir de 1995, iniciou-se uma nova fase política na Área, caracterizada pela busca de um novo padrão de intervenção do Estado. No início desse período, o Governo FHC apresentou uma proposta de política para a Área Saneamento, baseada nas premissas apontadas pelo PMSS.

O objetivo central proposto para a nova Política Nacional de Saneamento- PNS era a universalização do acesso aos serviços de abastecimento de água, coleta, tratamento e destinação final dos esgotos sanitários e dos resíduos sólidos até o ano de 2010. Para alcançar tal objetivo, em linhas gerais, propôs-se um processo gradual de envolvimento de agentes privados na prestação dos serviços. Para isso, o Estado deveria exercer um papel regulador nos moldes norte-americanos.

Os elementos vitais da estrutura institucional de regulação, nos termos da proposta trabalhada pelo PMSS para a PNS, determinavam o controle dos serviços de saneamento nas seguintes condições:

- A separação nítida entre titularidade e a operacionalidade dos serviços;
- A integração intra-setorial;
- A articulação inter-governamental;
- O controle social;
- Normas claras sobre essencialidade, qualidade, aproveitamento de recursos naturais, desempenho operacional, controle econômico e outras relacionadas com a prestação dos serviços;
- Os instrumentos de fiscalização;
- O poder para obrigar a observância da regulação por todos os agentes;
- O livre fluxo de informações sobre o saneamento e sobre os serviços;
- A flexibilidade das formas de prestação dos serviços;
- A descentralização da prestação dos serviços.

Em decorrência das crises cambiais vividas a partir de 1998 foram adotadas sucessivas medidas de restrição ao financiamento das empresas estatais de saneamento, num esforço de redução do déficit e da dívida do setor público. Essas recomendações integravam as políticas de ajuste determinadas pelas agências internacionais de desenvolvimento, dentre elas o Fundo Monetário Internacional- FMI, o BIRD e o BID, num contexto de políticas neoliberais.

As medidas adotadas repercutiram negativamente no desempenho das políticas voltadas para universalização dos serviços de saneamento, inviabilizando o atendimento às metas intencionadas. Além disso, como a proposta principal do Governo consistia na privatização das CESBs, demandava, para isso, a supressão do poder municipal na titularidade dos serviços de saneamento. Essa questão contrariava interesses das elites técnicas representadas pelas entidades que se constituíram como atores principais da Área Saneamento, entre elas, a Associação Brasileira de Engenharia Sanitária e Ambiental- ABES, a Associação de Serviços Municipais de Água e Esgotos- ASSEMAE, a Associação de Empresas de Saneamento Básico Estaduais- AESBE, entre outros.

Essas entidades formaram a Frente Nacional pelo Saneamento Ambiental- FNSA, criando um forte embaraço para a aprovação do PL Nº 266, de autoria do governo. Sem sua aprovação, o Governo FHC fracassou na busca de um pacto necessário para introduzir as mudanças no marco institucional de cunho privatista, para a Área Saneamento.

A partir do Governo Lula, ocorreram indiscutíveis avanços na reinserção da União no papel de planejadora das políticas urbanas. Destaca-se, nesse sentido, a criação do Ministério das Cidades- M. Cidades, que visava reunir as políticas de habitação, transporte e mobilidade urbanas, planejamento territorial e saneamento ambiental. Isso acarretou uma mudança significativa no que vinha sendo a atuação recente da União, em matéria de políticas urbanas. Mudou-se, assim, o paradigma da desarticulação, para se implantar o conceito das políticas urbanas integradas, que dialoguem entre si.

No âmbito do M. Cidades, com a criação da Secretaria Nacional de Saneamento Ambiental- SNSA criaram-se condições para que houvesse a implantação de uma atuação contínua e coerente da União, inclusive possibilitando a retomada dos financiamentos em saneamento ambiental. No mesmo período, outros instrumentos se consolidaram, pois visavam dar suporte ao novo marco regulatório, como a Lei 11.079/04<sup>22</sup> que regula as parcerias público-privadas e, também a Lei 11.107/05<sup>23</sup> que possibilita a formação de consórcios públicos para realização de objetivos de interesse comum.

Outra característica do processo de reorganização administrativa foi o fortalecimento dos canais de participação da sociedade civil na gestão pública urbana, marcados pela institucionalização e difusão das Conferências e dos Conselhos das Cidades. Foram, justamente, dos debates realizados no âmbito das Conferências das Cidades que saiu o PL, que posteriormente se consolidou na Lei Nº 11.445/07<sup>3</sup>, que estabelece as diretrizes nacionais para o saneamento básico e para a política federal de saneamento básico.

Dentre os princípios contemplados na nova Lei, observam-se:

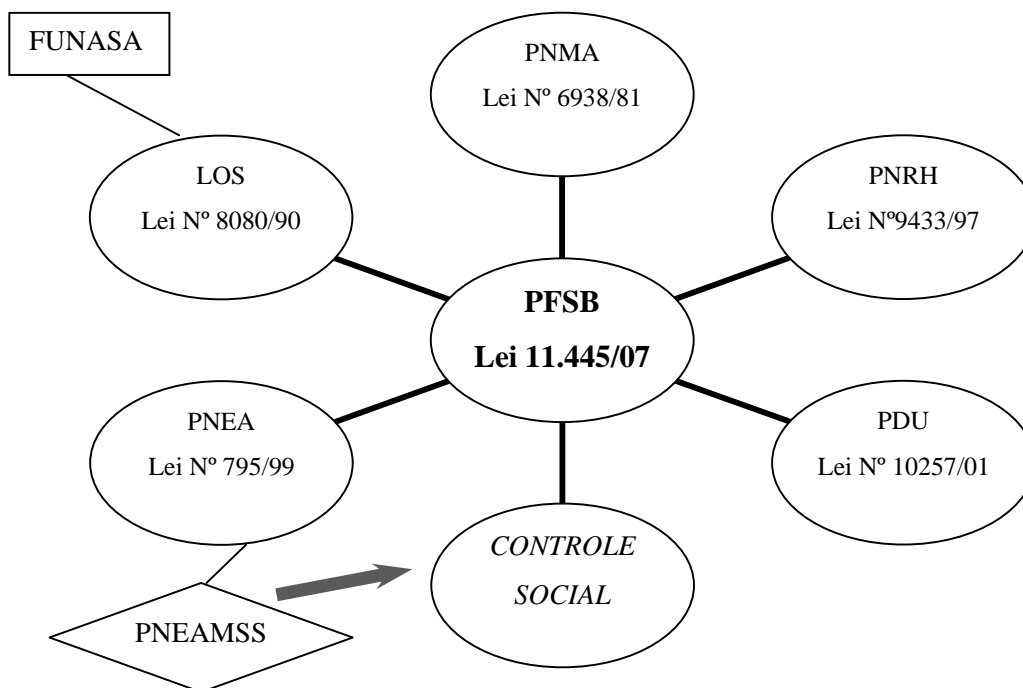
- A adoção do conceito de saneamento básico, incluindo as ações de abastecimento de água, esgotamento sanitário, manejo de resíduos sólidos urbanos e manejo de águas pluviais, descartando o controle de vetores e pragas.

Destituíu-se, assim, a visão mais abrangente de Saneamento Ambiental, com o objetivo de conferir segurança e precisão à suas prescrições e evitar sobreposições com as demais políticas setoriais que fazem interface com as ações de saneamento, entre elas, políticas de meio ambiente, políticas de recursos hídricos, políticas de saúde e políticas urbanas;

- O atendimento de forma adequada à saúde pública e à proteção do meio ambiente;
- A afirmação do sentido público do saneamento, em contraposição ao modelo privatista;
- O objetivo de universalização e de integralidade;
- Ênfase a uma estrutura sistêmica de regulação, incluindo os instrumentos de planejamento e avaliação dos serviços, de forma articulada;
- O entendimento de que titularidade não deve ser delegada a um ente federativo determinado, permitindo que a estrutura regulatória se mantenha independente, seja ela executada pelo Estado ou Município;
- O favorecimento do acesso aos serviços à população de baixa renda;
- O reconhecimento do controle social, sendo que, apenas em órgãos colegiados de caráter consultivo, podendo ser exercida em órgãos colegiados já existentes, desde que sejam feitas as devidas adaptações das leis que os criaram;
- O reconhecimento da necessidade de uma política de ciência e tecnologia específica para a área.

Fica evidente, a partir da leitura da Lei de Saneamento Básico, que para o seu sucesso são fundamentais a articulação com políticas públicas dos demais setores, principalmente o Planejamento Urbano; Meio Ambiente; Recursos Hídricos e Educação Ambiental, conforme apresentado no fluxograma abaixo (Fluxograma 2). Essas são condições extremamente favoráveis para a Área Saneamento, principalmente em função da gestão descentralizada dos serviços públicos de saneamento no Brasil. No entanto essa articulação ainda depende do aperfeiçoamento dos mecanismos de cooperação federativa com regras claras e ações que criem um ambiente propício para a efetivação dos seus princípios e diretrizes, de modo a proporcionar a meta de universalização dos serviços de saneamento no Brasil.

**FLUXOGRAMA 2: Inter-relação da Política Federal de Saneamento Básico- PFSB com outras Políticas Públicas**



FONTE: (FONSECA, A. R. 2008)

Deve-se ressaltar que para que estas diferentes políticas funcionem de forma articulada, e ainda, garantam a efetividade dos mecanismos de controle social, é fundamental formular ações de educação e mobilização social, pois a falta de consenso pode dificultar a articulação entre os diversos atores que desenvolvem projetos voltados para o saneamento.

Foi pensando na superação dessa problemática, que se desenvolveu o Programa de Educação Ambiental e Mobilização Social em Saneamento- PEAMSS, cujo foco é estimular a participação da sociedade na promoção de uma mudança na lógica dos serviços e investimentos em saneamento. Busca-se, ainda, potencializar ações e projetos já existentes, pois, considera que as ações de saneamento vão além das obras de engenharia, demandando um trabalho de conscientização continuada, para sustentar a mudança de atitudes e valores.



Com base nesses princípios, a PEAMSS destina-se a orientar a articulação das ações de saneamento, através de ações educativas, assegurando que a sociedade seja devidamente informada para desempenhar seu papel de agente ativo no planejamento, na escolha tecnológica, na implantação, no monitoramento e avaliação de projetos desenvolvidos para a Área Saneamento.

Deve-se levar em consideração que a Lei de Saneamento Básico ainda precisa ser regulamentada, porém, a definição de um marco legal para o saneamento no Brasil, sem dúvida, representa um evidente avanço, tendo em vista o longo vácuo deixado após a extinção do PLANASA.

Pode-se constatar que a legislação apresentada procura harmonizar o ciclo de organização e ação do Estado, iniciado no governo FHC, cuja ênfase situa-se na capacidade de articular e regular a prestação de serviços públicos, ao invés de provê-los. Essa orientação, entretanto, observa que qualquer proposta de regulação para o setor deve levar em conta a compreensão de que os serviços de saneamento são essenciais à saúde pública e à qualidade ambiental. Portanto, permanece sua natureza pública, de responsabilidade do Estado e sujeito ao controle social.

Trata-se de legislação conceitualmente avançada, em vista de sua visão sistêmica quanto à garantia de um fornecimento seguro dos serviços de saneamento e à proteção da saúde humana. Também é moderna, em razão de sua atualidade face às tendências internacionais. Tal legislação, mais em função de sua concepção que de suas exigências, deverá impor uma salutar mudança de práticas nos serviços, o que demandará tempo, esforço e determinação dos órgãos gestores, em vista das visões arraigadas que prevalecem no setor.

## **CAPITULO 3 CENÁRIO DO SETOR DE SANEAMENTO NO BRASIL**

Esta seção apresenta o nível atual dos serviços de saneamento básico por situação de domicílio, região e estrato de renda. Apresenta ainda a situação da oferta, discriminando a natureza dos prestadores de serviços e algumas estimativas da disposição a pagar pelos serviços de saneamento extraídos de estudos já existentes, como aqueles desenvolvidos por Costa (2003), Heller (2006) e a pesquisa desenvolvida pelo Instituto Trata Brasil, intitulada Saneamento e Saúde. (NERI, 2007)<sup>24</sup>

### **3.1 A Natureza dos Prestadores de Serviços de Saneamento**

Além do déficit quantitativo e da inadequação de muitas ações de saneamento, alguns autores afirmam que passados dezesseis anos do termino do PLANASA, a prestação de serviços públicos de abastecimento de água e esgoto no Brasil, ainda segue a mesma estrutura na maioria dos estados, a despeito das tentativas de privatização. (HELLER, 2006)<sup>12</sup>

Mesmo após a instituição da nova Lei de Saneamento Básico (Lei Nº 11.445/07)<sup>3</sup>, a prestação dos serviços permanece nas mãos dos seguintes agentes: associações comunitárias, governos municipais, municípios assistidos pela FUNASA, vinculada ao Ministério da Saúde, CESBs e Concessionários Privados. (COSTA, 2003)<sup>25</sup>

Nessa estrutura, os serviços prestados por associações comunitárias ainda permanecem bastante incipientes, ocorrendo principalmente em áreas rurais, não sendo muito expressiva no conjunto dos serviços. (COSTA, 2003)<sup>25</sup>

Nos casos em que os serviços de saneamento ficam integralmente a cargo da administração municipal, encontram-se as seguintes configurações: as ações podem ser realizadas por órgão da administração direta municipal, ou através de uma entidade autônoma, como uma autarquia, uma empresa pública ou uma sociedade de economia mista.

Existiam em 1995, sob administração direta municipal, 1.008 municípios, englobando uma população de 35.887.790 habitantes, correspondendo a 20% dos municípios brasileiros, com incidência mais elevada na região Sudeste, notadamente nos Estados de São Paulo e Minas Gerais, descontando-se os Serviços Autônomos de Água e Esgotos- SAAE. (COSTA, 2003)<sup>25</sup>

Nos municípios assistidos pela FUNASA, a prestação de serviços fica a cargo dos SAAEs, dotado de autonomia administrativa, técnica e financeira, mas com forte influência da FUNASA, em termos de assistência técnica e administrativa, estabelecida em contrato ou convênios específicos. Nesses casos, os recursos para investimentos são oriundos principalmente do Ministério da Saúde. Os SAAEs eram em número de 284 em 1993, abrangendo 625 localidades ou 6% dos municípios brasileiros, atendendo cerca de 5 milhões de pessoas. (COSTA, 2003)<sup>25</sup>

Entretanto, a maior parte da população é atendida pelas CESBs, pois se desenvolveram em alguns dos principais centros metropolitanos do país. Atualmente, existem 27 concessionárias estaduais e são responsáveis pelo atendimento a cerca de 87 milhões de pessoas em mais de 3.300 municípios brasileiros. Esse modelo conseguiu ser muito bem sucedido com serviços de abastecimento de água, atendendo 74% da população do país. Já o esgotamento sanitário, ficou, principalmente, com os municípios, responsáveis por 70% dos serviços prestados. (COSTA, 2003)<sup>25</sup>

A partir de 1994, têm ocorrido movimentos de aumento da participação do setor privado no setor de saneamento básico. Tal participação pode acontecer sob a forma de concessões plenas (operação integral dos serviços de água e esgoto), concessões parciais (delegação da construção e operação de serviços de produção, tratamento ou destinação final de água, esgoto ou resíduos sólidos às empresas privadas por período de 10 a 30 anos) ou empresas mistas (público-privadas). Segundo estimativas da Associação Brasileira das Concessionárias Privadas de Serviços Públicos de Água e Esgoto- ABCON, até outubro de 1998, 39 municípios já haviam concedido total ou parcialmente os seus serviços à iniciativa privada, sendo que a maioria dessas concessões tem ocorrido nos estados de São Paulo (15 municípios) e Rio de Janeiro (11 municípios). As concessões parciais para fornecimento de água ou tratamento de esgoto têm sido as mais frequentes em São Paulo, enquanto que nos demais estados (Rio de Janeiro, Paraná, Espírito Santo e Pará) as concessões foram efetuadas, em quase sua totalidade, na modalidade plena. (COSTA, 2003)<sup>25</sup>

### 3.2 A Atual Cobertura por Rede de Esgotamento Sanitário no Brasil.

Na avaliação do atendimento populacional pelos serviços, é necessário destacar que no Brasil, embora tenha havido um progresso marcante nos serviços de coleta e destino final dos esgotos, é necessário destacar as assimetrias como estes ocorreram. Verificou-se que, além das desigualdades de acesso associadas ao local de moradia urbano e rural, ocorre, também, uma evidente relação com a renda, concedendo menos prioridade para o saneamento de pequenas cidades, periferias urbanas e áreas rurais, ficando os mais pobres e mais vulneráveis excluídos dos benefícios dessas ações.

Segundo pesquisa promovida pela ONG Trata Brasil e realizada pela Fundação Getúlio Vargas- FGV, denominada “Saneamento e Saúde”, o fator que mais afetou a ampliação nas taxas de acesso ao esgotamento sanitário no Brasil foi, na verdade, a taxa de migração rural-urbana. (NERI, 2007)<sup>24</sup>

O processo migratório rural-urbano resultou numa maior cobertura por esse serviço, pois quando os migrantes chegaram às áreas urbanas os mesmos já existiam. Deflui-se dessa constatação que *“não só os sistemas de esgotamento foram às pessoas, mas as pessoas foram ao encontro dos sistemas de esgotamento”*. Ou, de outra forma, que *“as taxas de acesso ao saneamento em áreas urbanas e rurais foram menores que o processo de migração das áreas rurais”*. (NERI, 2007)<sup>24</sup>

Para demonstrar essa constatação, o estudo descreve que em 1970 viviam no campo 44,59% da população brasileira e em 2000 correspondiam a apenas 17, 27%. Já em relação às taxas de cobertura por rede coletora, nesse mesmo período, os dados da FGV indicam que houve uma tendência crescente, mas discreta de ampliação, principalmente nas áreas urbanas. A projeção de ampliação anual era de 1,5 pontos percentuais na década de 1970, reduzindo para taxa de 1 ponto percentual na década seguinte e caindo para 0,8 pontos percentuais na década atual. (NERI, 2007)<sup>24</sup>

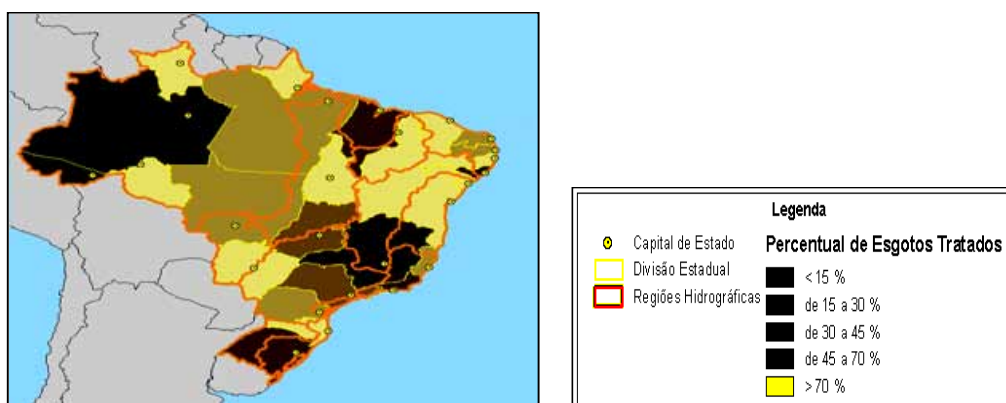
Assim, os serviços de coleta de esgoto alcançavam em 1992 apenas 36,02% dos brasileiros, atingindo 46,77% em 2006. Sendo que desses, 63,05% estão nas regiões metropolitanas, e apenas 2,9% nas áreas rurais. (NERI, 2007)<sup>24</sup>

Por meio dessas projeções o estudo constatou que, mantidas essas taxas de crescimento, a universalização do acesso à rede de esgotos sanitários só poderá ser atingida daqui a 115 anos, ou seja, no ano de 2112. (NERI, 2007)<sup>24</sup>

Outro ponto que merece ser ressaltado nesse estudo, diz respeito à diferenciação quanto à percepção da demanda do acesso ao esgoto. Pois, o desconhecimento por parte dos usuários, no que tange a diferença entre coleta de esgoto e o seu tratamento, dificulta a compreensão sobre conseqüências da inadequação desses serviços para a saúde e para o meio ambiente. A pesquisa constatou também que os usuários, por serem menos informados, se mostraram mais desinteressados quanto ao assunto, diferentemente da postura das empresas prestadoras de serviços públicos de saneamento.

Essa questão deve ser destacada, por demandar de caracterização adequada para percepção dos resultados reais de sua implicação. Pois, a pesquisa alerta que, a dificuldade em se diferenciar a coleta do tratamento dos esgotos prejudica a percepção dos beneficiários dos sistemas, pois mesmo considerando a coleta como condição necessária, sabe-se que *“somente com o efetivo tratamento do esgoto pode-se garantir as condições necessárias para a melhoria da qualidade de vida”*. (NERI, 2007)<sup>24</sup>

Nesse ponto, é merecedora de registro a informação contida na Figura abaixo (Figura 1), em que é apresentada a proporção de distritos que declaram possuir tratamento de esgotos. Fica evidenciado que além da desigualdade de acesso em nível regional, em particular, nos estados da região Sul-Sudeste, onde se concentram as regiões mais desenvolvidas do país, diferente do que se imagina, apresentam níveis de cobertura muito baixos. Isso ocorre em função do baixo retorno financeiro obtido nos investimentos em sistemas de tratamento de esgotos. (HELLER, 2006)<sup>12</sup>

**FIGURA 1: Proporção de Distritos em cada Estado, com Tratamento de Esgotos**

FONTE: (HELLER, 2006)

Por outro lado, demonstra ainda o débil entendimento do conceito de “acesso à cobertura por rede coletora de esgoto”, pois aparece como uma informação apenas parcial, por não fornecer a verdadeira situação sobre o destino dos efluentes, mas trata-se de uma questão fundamental, já que estão relacionadas às questões de saúde e meio ambiente. (HELLER, 2006)<sup>12</sup>

A partir do levantamento desse indicador no Brasil, o autor sugere que o termo “coleta de esgoto”, por ser uma classificação genérica, gera uma informação ambígua, pois a mera existência de cobertura por coleta de esgotos não necessariamente proporciona uma efetiva melhoria nas condições de saúde e ambientais. (HELLER, 2006)<sup>12</sup>

Esse aspecto se coloca de forma evidente quando são analisados, com profundidade, os dados apresentados pelas empresas que ofertam os serviços de coleta e de tratamento, especificamente. A partir de dados do SINIS, 42% dos distritos do país, quer dizer, 4.097 dos 9.848 existentes, informaram que possuem rede coletora de esgotos; porém, apenas 14% ou 1.383 deles, têm estações de tratamento; e desses, somente 118 realizam desinfecção dos esgotos. (HELLER, 2006)<sup>12</sup>

Isso significa que na maioria dos distritos que apresentam rede coletora, 3.288 ou 80% do total, o esgoto acaba sendo escoado sem tratamento na natureza, indo parar nos canais fluviais e rede de águas pluviais. (HELLER, 2006)<sup>12</sup>

Além disso, lembra que mesmo havendo estações de tratamento, a simples falta de interceptores que levem os efluentes para as estações de Tratamento de Esgotos- ETEs e a obsolescência dos sistemas, associada à baixa capacidade de remoção das cargas poluentes e de patógenos, continua expondo as populações ao aumento da circulação de microorganismos patogênicos, comprometendo a saúde da população. Sem contar com o excesso de micronutrientes que acumulam no ambiente, afetando negativamente a qualidade dos corpos receptores. (HELLER, 2006)<sup>12</sup>

Outro assunto que deve ser considerado é apontado pelo Programa das Nações Unidas para o Desenvolvimento- PNUD, a partir dos dados fornecidos pela Pesquisa Nacional por Amostra de Domicílios- PNAD. Segundo esse órgão as categorias utilizadas pelo PNAD para indicar os domicílios atendidos por serviços de esgotamento, podem prejudicar a precisão desses dados, pois há uma dificuldade do morador em saber diferenciar se são divididos entre aqueles conectados a “rede geral” e aqueles que utilizam sistemas de “fossas sépticas”. (HAILU, 2008)<sup>26</sup>

Aponta ainda, a falta de informações sobre a operação e manutenção dos sistemas conectados às fossas sépticas, desse modo não há como avaliar se essa solução é satisfatória, pois a maioria das fossas não são limpas regularmente. (HAILU, 2008)<sup>26</sup>

Chama atenção também para a alta proporção de domicílios que são classificados como “outros” sistemas de esgotamentos sanitários, correspondendo a 25% de todas as residências brasileiras. Enquadrando-se nessa categoria os dejetos escoados por fossa rudimentar, diretamente para uma vala, rio, lago ou mar, ou quando o escoadouro não se enquadra em quaisquer dos tipos descritos. Assinala ainda o indicador que diz respeito às residências que não possuem nenhum tipo de sanitário, correspondendo a 5,4% dos domicílios. (HAILU, 2008)<sup>26</sup>

Logo, o problema relacionado ao esgotamento doméstico no Brasil deve-se, principalmente, ao baixo nível de tratamento das águas residuárias, mas, tendo em vista a convergência das análises, reconhece-se também a precariedade dos indicadores utilizados, pois comprometem ainda mais a percepção da real situação.

As análises apontam de diferentes formas para as conseqüências da inadequação dos serviços de saneamento; tendo em vista os baixos resultados alcançados pelas políticas de expansão dos serviços públicos.

Com relação à possibilidade de expansão dos serviços de saneamento básico, segundo estudo intitulado “Dimensionamento das Necessidades de Investimentos para a Universalização dos Serviços de Abastecimento de Água e de Coleta e Tratamentos de Esgotos Sanitários no Brasil”, elaborado para o PMSS, pelo Consórcio JNS/ACUAPLAN, em 2003, estimava que a quantidade de recursos financeiros necessários para a Universalização no período 2000-2020 demandaria do montante de R\$ 178 bilhões conforme apresentado no quadro seguinte (Quadro 2). (BRASIL. M.Cidades, 2003)<sup>27</sup>

**QUADRO 2: Planejamento dos Investimentos em Saneamento Básico**

R\$ milhões			
<i><b>Regiões/ Investimentos</b></i>	<i><b>Em 2000</b></i>	<i><b>Em 2010</b></i>	<i><b>Em 2020</b></i>
Norte	6.753,8	11.274,6	16.307,3
Nordeste	16.888,5	27.318,8	37.324,6
Sudeste	27.165,5	50.349,3	74.404,0
Sul	12.984,2	23.211,0	33.055,2
Centro-Oeste	6.320,3	11.470,2	17.314,0
<i><b>Brasil</b></i>	<i><b>70.112,3</b></i>	<i><b>123.623,8</b></i>	<i><b>178.405,0</b></i>

FONTE: (M. CIDADES, 2003)

Visando a superação das grandes desigualdades no provimento desses serviços, o Governo Federal, através do Programa de Aceleração do Crescimento- PAC, lançado em 28 de janeiro de 2007, iniciou um processo que engloba um conjunto de políticas econômicas, planejadas para os quatro anos seguintes, e que tem como objetivo acelerar o crescimento econômico do Brasil, tendo como uma de suas prioridades o investimento em obras de infra-estrutura.

No que diz respeito aos investimentos na Área Saneamento, estes são compostos por recursos não onerosos, oriundos da Lei Orçamentária Anual e que não prevêem retorno financeiro direto dos investimentos, pois os agentes beneficiados não precisam ressarcir os cofres da União.



Já os recursos onerosos são provenientes de financiamento e tem como fontes o FGTS e o Fundo de Amparo ao Trabalhador (FAT).

O PAC é composto por cinco blocos:

- 1) Medidas de infra-estrutura, incluindo infra-estrutura social, como habitação, saneamento e transporte;
- 2) Medidas para estimular crédito e financiamento;
- 3) Melhoria do marco regulatório na área ambiental;
- 4) Desoneração tributária;
- 5) Medidas de longo prazo.

Entre os investimentos anunciados estão incluídos: a soma dos investimentos públicos diretos (R\$ 67,8 bilhões em quatro anos), investimentos das estatais, financiamento dos bancos oficiais e investimentos privados, prevendo um total de R\$ 503,0 bilhões até 2010.

O PAC constitui-se assim como resposta destinada a reverter o quadro de desigualdade social e territorial. A SNSA do M. Cidades procurou orientar a gestão dos recursos públicos segundo a premissa de ampliar a transparência, fornecendo informações sobre a locação dos investimentos na Área Saneamento.

A seguir, será discutida a percepção do acesso a esses serviços pela população.

### **3.3 O Perfil dos Usuários e a Percepção do Acesso aos Sistemas de Coleta de Esgotos**

Ao se avaliar o atendimento populacional pelos serviços de esgotamento sanitário, apontam-se diversas assimetrias, associadas ao local de moradia, urbano ou rural, e também, uma clara relação com a renda, quer dizer, quanto mais pobre menor o acesso (Gráfico 1). (HELLER, 2006)<sup>12</sup>



A pesquisa aponta que 28,9% dos entrevistados consideram o serviço de má qualidade, sendo que a pior percepção é feita pelas mulheres gestantes e as lactantes, com 32,1% e 35,9%, respectivamente. A maior percepção negativa sentida pelo gênero feminino se deve, em geral, porque àquelas que são mães, atingindo apenas 48,39% das mulheres adultas, encontram-se mais afetadas pela falta de esgoto. (NERI, 2007)<sup>24</sup>

A análise por faixa etária demonstrou que quanto maior idade menor é a percepção da qualidade, pois 10,8%, entre os mais velhos consideram o acesso ruim, em comparação àqueles com a faixa etária entre 10 e 19 anos, com 31,2%. Isso se explica, segundo a avaliação da pesquisa, por que os que têm maiores condições de acesso aos sistemas de esgotamento são exatamente aqueles com idade entre 50 e 54 anos, atingindo 51,87% do total de adultos.

A razão entre o grau de escolaridade e a taxa de acesso à rede geral de esgoto varia de 25,57% a 70,83%, entre aqueles que não possuem qualquer instrução e aqueles que possuem 12 anos ou mais de estudo, respectivamente. Esse dado enfatiza a forte relação entre o grau de instrução e nível de importância que se dá aos serviços de saneamento. (NERI, 2007)<sup>24</sup>

Em termos de distribuição espacial dos serviços de saneamento, os estados de São Paulo (84,24%), Distrito Federal (79,85%) e Belo Horizonte (73,43%) se destacam entre aqueles com maior cobertura de redes coletoras. No extremo oposto, aparecem os estados do Amapá (1,42%), Rondônia (3,11%) e Piauí (3,25%). (HELLER, 2006)<sup>12</sup>

Complementarmente a esse ponto, “chama negativamente a atenção” no estudo de Heller (2006)<sup>12</sup>, que as regiões Sul e Sudeste, apesar de serem as regiões mais desenvolvidas do país e apresentarem maior concentração de cobertura, estão entre aquelas com os piores índices de tratamento de esgotos, em comparação aos estados das regiões Nordeste, Norte e Centro-Oeste.

Segundo hipótese do autor, a relutância das CESBs das regiões Sul e Sudeste em priorizar a implantação de sistemas de tratamento de esgotos, se deve às dificuldades de recuperação financeira dos investimentos. (HELLER, 2006)<sup>12</sup>

Segundo a pesquisa do Instituto Trata Brasil, pode-se inferir, a partir de tais evidências, que as pessoas mais pobres, por disporem de sistemas de referências menos aptos, tendem a ser menos exigentes quanto à percepção de bem-estar. (NERI, 2007)<sup>24</sup>

Em face da complexidade e do caráter interdisciplinar das políticas públicas voltadas para o saneamento, é necessário que a questão seja tratada por partes. A revisão bibliográfica permitiu a identificação de ampla literatura voltada para questões específicas, mas, menos abundantes no que se refere a uma visão integrada desses problemas. Embora as contribuições pontuais sejam fundamentais para o avanço no entendimento dos problemas ligados a questão do saneamento, não se deve perder de vista as conseqüências dos problemas ligados às questões ambientais e de saúde em relação ao conjunto de problemas. Portanto, em seguida buscou-se um esforço de sistematização das implicações sanitárias e ambientais decorrentes da precariedade dos serviços ofertados à população.

## **CAPÍTULO 4 CONSEQUÊNCIAS DA CONTAMINAÇÃO DOS RECURSOS HÍDRICOS POR ESGOTOS DOMÉSTICOS**

Essa contextualização será utilizada para enfatizar a importância dos serviços de saneamento para o equilíbrio do meio ambiente e da qualidade de vida da população, pois em função da situação sanitária desfavorável, ficam suscetíveis, além das doenças, a outros acidentes, tais como: desmoronamentos, inundações, etc.

O sentido abrangente da definição de poluição, não distingue as ações causadas pelo meio ou pelo homem, se restringindo a constatação da alteração provocada em um meio de forma a prejudicar um uso benéfico definido para ele. (MOTA, 1995)<sup>28</sup>

Tomando este ponto de vista, define-se poluição dos recursos hídricos, como “*qualquer alteração de suas características, de modo a torná-lo prejudicial às formas de vida que ele normalmente abriga ou que dificulte ou impeça um uso benéfico definido para ele*”. (MOTA, 1995)<sup>28</sup>

Então, como a poluição está relacionada aos usos estabelecidos, foram criados parâmetros como requisitos de qualidade. No Brasil, foi estabelecida pela Resolução CONAMA N° 357/05<sup>29</sup> que determina os parâmetros para a classificação dos corpos de água, além das diretrizes ambientais para o seu enquadramento, e, ainda, as condições e padrões de lançamento de efluentes, os quais foram recentemente alterados pela Resolução CONAMA N° 397<sup>30</sup>, de 03 de abril de 2008.

Outra definição importante, por ser um caso particular de poluição, é o de contaminação dos recursos hídricos, pois é considerada contaminada “*a água que recebeu microorganismos patogênicos ou substâncias químicas ou radioativas que possam causar malefícios ao homem*”. (MOTA, 1995)<sup>28</sup>

As principais fontes de poluição são: (MOTA, 1995)<sup>28</sup>

- de origem natural: decomposição de vegetais, erosão das margens, salinização, etc;
- esgotos domésticos;
- esgotos industriais;
- águas de escoamento superficial;
- de origem agropastoril: excrementos de animais, pesticidas e fertilizantes;
- lixo.

É importante, aqui, chamar a atenção para a definição de Esgoto, cujo termo é utilizado para caracterizar “*os despejos provenientes dos diversos usos da água, como o doméstico, industrial, agrícola, e outros*”. (BRAGA, 2005)<sup>31</sup>

Já esgotos sanitários são “*despejos líquidos constituídos de esgotos domésticos e industriais lançados na rede pública e águas de infiltração*”. (BRAGA, 2005)<sup>31</sup>

Os esgotos domésticos são originários, predominantemente, das habitações, sendo proveniente de instalações sanitárias, lavagem de utensílios domésticos, pias, banheiros, lavagem de roupas, e outros usos domiciliares. (MOTA, 1995)<sup>28</sup>

No entanto, destaca-se, que existem diferenças entre a produção de esgotos sanitários de cada cidade, pois variam de acordo com suas atividades, sejam agrícolas, industriais, comerciais e outras.

A composição do esgoto doméstico, portanto, varia em função da sua concentração (que depende do consumo de água), dos hábitos da população, do tipo de sistema de esgotamento e da natureza de outras contribuições além das domiciliares. (MOTA, 1995)<sup>28</sup>

Estima-se que, em média, que os esgotos domésticos apresentem as seguintes características, conforme apresentadas no quadro seguinte (Quadro 3)

### QUADRO 3: Composição Química Média dos Esgotos Domésticos

Demanda Bioquímica de Oxigênio- DBO (5d,20°C)	300 mg/l
Alcalinidade (em CaCO <sub>3</sub> )	120 mg/l
Cloretos	75 mg/l
Sólidos totais	500 mg/l
Números de Coliformes	10 <sup>5</sup> a 10 <sup>6</sup> por mililitro
Nitrogênio total	em torno de 10 mg/l
Sulfatos	em torno de 20 mg/l
Sabões e gorduras	em torno de 20 mg/l

FONTE: (MOTA, 1995)

Essas substâncias podem alcançar os corpos d'água superficiais e subsuperficiais, a partir de fontes localizadas e/ou difusas. As fontes localizadas têm seu lançamento determinado a partir de tubulações de esgoto e galerias de águas pluviais. Já as fontes difusas, como águas do escoamento superficial, ou de drenagem de sistemas de irrigação, se dão a partir do lançamento de resíduos sólidos e líquidos no solo e na água. (MOTA, 1995)<sup>28</sup>

A água, na verdade, serve de veículo que transporta inúmeras substâncias orgânicas, inorgânicas e microrganismos eliminados pelo homem diariamente. Como consequência do lançamento de esgoto *in natura* ou tratado inadequadamente, distingue-se três tipos de alterações sofridas pelos corpos d'água: Modificações de Caráter Físico; Modificações de Caráter Químico; Modificações de Caráter Biológico. (MOTA, 1995)<sup>28</sup>

Abaixo estão relacionados às alterações dos corpos d'água em decorrência da poluição e indica suas principais consequências (Quadro 4)

**QUADRO 4: Alterações Físico- Químicas e Biológicas da Água em Decorrencia da Poluição e suas Principais Consequências**

<b>ALTERAÇÕES DE CARÁTER FÍSICO</b>	<b>PRINCIPAIS CONSEQÜÊNCIAS</b>
• Cor e turbidez	- Aspecto estético; redução na penetração da luz; distúrbios ecológicos.
• Alterações do leito	- Assoreamento; soterramento de pequenos animais, plantas e ovos de peixe;
• Temperatura	- Redução do oxigênio dissolvido; desequilíbrios ecológicos; aumento da ação tóxica de compostos químicos; redução da viscosidade.
• Viscosidade	- Afundamento de organismos aquáticos.
• Tensão superficial	- Afundamento de aves e organismos aquáticos.
<b>ALTERAÇÕES DE CARÁTER QUÍMICO</b>	<b>PRINCIPAIS CONSEQÜÊNCIAS</b>
• Compostos químicos	- Toxidez ao homem, outros animais e vegetais.
• Pesticidas	- Toxidez ao homem, outros animais e vegetais; enfraquecimento de ovos de aves.
• Detergentes	- Redução da tensão superficial; sabor; formação de espuma; toxidez.
• Salinização	- Alteração na tensão osmótica e na condutividade elétrica; prejuízos a certos usos.

• Substâncias radioativas	- Prejuízos à saúde humana.
• Ph- Potencial Hidrogeniônico	- Danos à fauna, flora; corrosão; influência no tratamento da água; prejuízo a certos usos; aumento da toxidez de determinados compostos.
• Eutrofização	- Proliferação de algas e plantas aquáticas, e suas conseqüências.
• Consumo de oxigênio	- Desequilíbrios ecológicos; morte de peixes e outros organismos
<b>ALTERAÇÕES DE CARÁTER BIOLÓGICO</b>	<b>PRINCIPAIS CONSEQÜÊNCIAS</b>
• Microorganismos patógenos	- Transmissão de doenças.
• Alga	- Sabor e odor; toxidez; turbidez; floração das águas; maus odores; corrosão; prejuízo ao tratamento de água.
• Plantas Aquáticas	- Produção de massa de matéria orgânica; assoreamento; demanda de oxigênio; sabor; odor; redução da penetração da luz solar; evapotranspiração; prejuízos à navegação e à recreação; entupimentos; danos às bombas e turbinas hidrelétricas.
• Viscosidade	- Afundamento de organismos aquáticos.

FONTE: (MOTA, 1995)

Por outro lado, a água também pode servir como meio de transmissão de doenças ao homem. São as chamadas “doenças de veiculação hídrica”, pois ocorrem devido à presença de agentes patogênicos que são transportados pela água. Porém, não só os agentes biológicos podem causar doenças, mas também os poluentes químicos ou radioativos presentes em esgotos industriais e outros resíduos. (MOTA, 1995)<sup>28</sup>

No Manual de Saneamento, elaborado pela FUNASA, que reúne algumas experiências exitosas em saneamento, são apresentadas didaticamente as principais doenças transmitidas pela água ao homem, por microrganismos patogênicos de origem fecal, destacam-se: (BRASIL. FUNASA, 2004)<sup>8</sup>

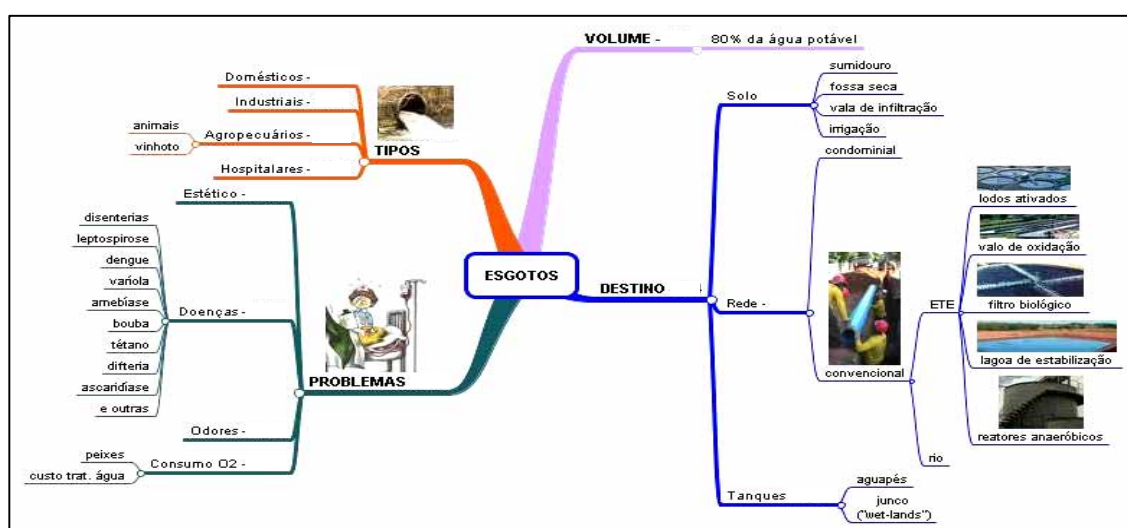
- |   |  |
|---|--|
| <p>a) Doenças veiculadas por ingestão</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>➤ Febre tifóide;</li> <li>➤ Cólera;</li> <li>➤ Desintéria bacilar;</li> <li>➤ Desintéria amebiana;</li> <li>➤ Enteroinfecções em geral;</li> <li>➤ Hepatite infecciosa;</li> </ul> | <p>b) Doenças veiculadas pelo contato com a pele ou com as mucosas:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>➤ Esquistossomose,</li> <li>➤ Infecção dos olhos, ouvidos e garganta,</li> <li>➤ Doenças de pele, poliomielite</li> </ul> |
|---|--|



Este manual também apresenta algumas doenças causadas pela presença de substâncias químicas na água, que muitas vezes fazem parte da composição de inúmeros produtos de uso doméstico e medicamentos, tais como: envenenamento causado pela ingestão de chumbo; a fluorose, em função do excesso de flúor; a metamoglobinemia (cianose), provocada pelos nitratos. Outras substâncias como os sulfatos têm propriedades laxativas e tóxicas; outros elementos como o zinco, o arsênico, os cianetos, etc., podem causar problemas à saúde humana. (BRASIL. FUNASA, 2004)<sup>8</sup>

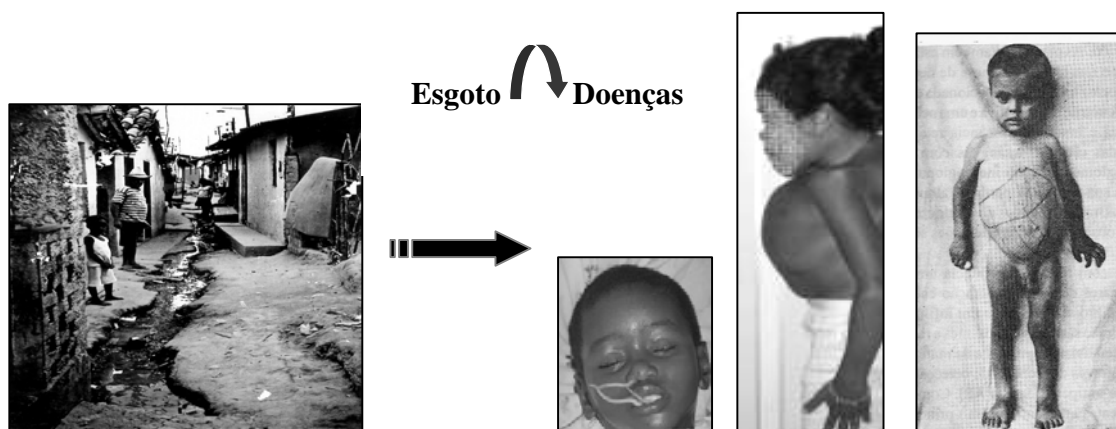
Assim, para o correto entendimento das causas e conseqüências da geração e destinação dos esgotos o Fluxograma 3 abaixo mostra, de forma sintética, que as principais fontes geradoras de esgotos são os domésticos, industriais, agropecuários e hospitalares e que correspondem a 80% do volume de água potável consumida. Demonstra quais os principais destinos que são dados aos esgotos como: a disposição no solo por sumidouros, fossas secas, valas de infiltração e irrigação; o lançamento em sistemas simplificados como as redes condominiais; os sistemas convencionais e posteriormente às estações de tratamento ou diretamente nos corpos hídricos; e também, a possibilidade de utilização de sistemas alternativos como os tanques com macrófitas (aguapés), ou as terras úmidas (wetlands). Apresenta também os principais problemas decorrentes do mau condicionamento dos esgotos, sejam ambientais (estéticos, odores e consumo de oxigênio), seja de saúde pública através das doenças de veiculação hídrica.

**FLUXOGRAMA 3: Mapa Mental dos Problemas de Esgoto**



FONTE: (COUTO, 2008)

**FIGURA 2: Conseqüência da Falta de Saneamento na Saúde Infantil**



FONTE: (FUNASA, 2005)

FONTE: (NEVES, 1995)

A demanda por sistemas de saneamento é sentida de forma mais evidente nos países em desenvolvimento, onde há precariedade nos tratamentos dos resíduos sólidos e líquidos, constituindo uma das principais causas de impactos ambientais negativos. Deve-se destacar que as principais vítimas da falta de saneamento são as crianças, por serem mais vulneráveis às infecções (Figura 2). Segundo levantamentos feitos, 82% das crianças de 0 a 7 anos e 59,42% das crianças com idade entre 7 e 14 anos, alegam motivos de doenças, para justificar faltas à Escola. Vale ressaltar que os desníveis de renda resultam em padrões diferenciados de acesso aos serviços públicos. (NERI, 2007)<sup>24</sup>

Um importante diagnóstico sobre a qualidade dos recursos hídricos e sua implicação à saúde das populações, em especial, a condição de vida das crianças no mundo é o Relatório da *The United Nations Children's Fund*- UNICEF, intitulado “Balaço sobre a Água e o Saneamento”, onde são apresentados dados alarmantes.

Segundo esse Relatório, aproximadamente, duas de cada cinco pessoas no mundo necessitam de instalações adequadas de saneamento.

Como conseqüência, estima-se que morre todos os dias, 13.700 pessoas, por causa de doenças transmitidas pela água, sendo que mais da metade são crianças com menos de cinco anos de idade. Também afirma que essas doenças poderiam ser facilmente evitadas com a existência de saneamento básico adequado. (UNICEF, 2006)<sup>32</sup>

Responsabiliza-se como uma das principais causas da falta de saneamento e da contaminação dos recursos hídricos os modelos político-econômicos, indicando que há uma relação de causa e efeito rígida, entre: políticas públicas mal elaboradas e executadas- degradação ambiental- riscos à saúde. (UNICEF, 2006)<sup>32</sup>

Nesse sentido, enfatiza-se a sumária importância que deveria ser dada às medidas de saneamento ambiental. Já que são reconhecidas no meio técnico-científico, como fundamentais para a constituição de ambientes saudáveis.

No Brasil, dados do Próprio Governo Federal apontam que o volume de esgotos coletados em rede no país corresponde a 50% do volume total. Em relação ao volume tratado, a relação é de apenas 22,5%. (BRASIL. M.Cidades.SNSA, 2004)<sup>33</sup>

Considerando, ainda com base no SNIS, que o volume médio de esgoto coletado por domicílio ligado à rede é de 490 litros/dia, pode-se inferir que, diariamente, são lançados no ambiente aproximadamente 11 milhões de m<sup>3</sup>/dia, sem nenhum tratamento. Sem dúvida, a maior fonte de poluição dos recursos hídricos e da costa brasileira, especialmente nas grandes e médias cidades e regiões mais urbanizadas é o esgoto doméstico não tratado. (BRASIL. M.Cidades.SNSA, 2004)<sup>33</sup>

Com base nos resultados dos microdados da PNAD, do IBGE, como consequência das políticas desenvolvidas para a Área Saneamento, chega-se a seguinte conclusão: “O acesso a esse serviço avançou de forma pífia nos últimos 14 anos, atravessando quatro diferentes gestões federais ao ritmo de 1,59% ao ano”. (NERI, 2007)<sup>68</sup>

E ainda *“mantida essa velocidade, para reduzir à metade o déficit de saneamento básico seriam necessários 56 anos e meio. Ou seja, o Brasil chegaria ao ano de 2063 ainda com 25% dos lares sem coleta e tratamento de esgoto”*. (NERI, 2007)<sup>24</sup>

Portanto, esse é um problema sistêmico, de política pública. Enquanto o País avança no combate à pobreza a uma velocidade quatro vezes maior do que a determinada pelas Metas do Milênio, não chega à metade do que deveria na questão do saneamento.

Dados surpreendentes foram apresentados pelos relatórios da Organização Pan- americana de saúde- OPAS, entidade vinculada a Organização Mundial de Saúde- OMS, mostrando que a cobertura da população total, na América, por serviço de saneamento variam de 0% no Haiti, a 76,8% nos Estados Unidos. Apenas a Colômbia e o Chile, na América do Sul, possuem cobertura acima de 60% da população. (BRASIL. Ministério da Saúde, 1995)<sup>34</sup>

Esse diagnóstico aponta também que o acesso ao esgotamento sanitário é extremamente desigual e varia em função do Índice de Desenvolvimento Humano-IDH e do Produto Interno Bruto- PIB *per capita*. À medida que o IDH decresce, também decresce a proporção da população com esgotamento sanitário. (BRASIL. Ministério da Saúde, 1995)<sup>34</sup>

Muitas vezes, observam-se localidades que dispõem de sistemas de tratamento de esgoto, mas que não atendem a toda a população e/ou não funcionam, principalmente, porque foram planejados e implantados sem a participação da comunidade, utilizando tecnologias não condizentes com a realidade socioeconômica, cultural e ambiental local e/ou porque não dispõem de uma estrutura organizacional que garanta a administração, a operação, a manutenção e a expansão dos sistemas. (BRASIL. Ministério da Saúde, 1995)<sup>34</sup>

Analisando a questão da viabilidade de projetos de saneamento, afirma-se que estes dependem de um complexo de fatores (população, condições locais, tecnologia disponível, exigências técnicas, recursos humanos, materiais e financeiros) e que variam de acordo com as especificidades locais. (KLIGERMAN, 1995)<sup>16</sup>

Para maior compreensão quanto à adequação das ações de saneamento, faz-se necessário recorrer aos quatro princípios gerais de saneamento, enunciados e seguidos pelo Prof. Cynamon, a partir de experiências realizadas desde a década de 1970. (KLIGERMAN, 1995)<sup>16</sup>

O primeiro indica que as medidas de saneamento se tornam tanto mais importantes, quanto maior a densidade de suas atividades por unidade de área.

O segundo princípio determina que a obtenção de resultados em saneamento depende, às vezes ,da observância de detalhes mínimos, ou em outro sentido, a inobservância de detalhes mínimos põe a perder grandes investimentos.

O terceiro princípio refere-se à abrangência, isto é, as medidas de saneamento para serem eficientes dentro de uma determinada área, têm que ser abrangentes; proteger por medidas de saneamento parte da área dentro de um contexto maior, significa colocar em risco a saúde não somente a área como um todo, mas principalmente a parte supostamente protegida.

E, finalmente, o quarto princípio em que chama a atenção quanto ao período necessário para a percepção dos benefícios sanitários. Pois as medidas de saneamento demandam de um certo tempo para que sejam percebidos os resultados sanitários, sendo que esse prazo é variável, dependendo das doenças a serem controladas e das medidas aplicadas. (KLIGERMAN, 1995)<sup>16</sup>

Outros autores procuram demonstrar por diferentes ângulos a relação saneamento-saúde.

Lançando mão da abordagem de estudos epidemiológicos sobre saneamento, publicados na literatura especializada, conclui-se que os estudos realizados permitem afirmar, com segurança, que intervenções em abastecimento de água e em esgotamento sanitário provocam impactos positivos em indicadores diversos de saúde. (HELLER, 1997)<sup>6</sup>

A implementação de sistemas de abastecimento de água e esgotamento sanitário, produz externalidades positivas importantes na saúde pública. Entre os impactos positivos levantados por pesquisas realizadas em diversos locais do mundo, pode-se relacionar: prevenção de pelo menos 80% dos casos de febre tifóide; redução de 60% a 70% de casos de tracoma e esquistossomose; e prevenção de 40% a 50% dos casos de disenteria bacilar, amebíase, gastroenterites e infecções cutâneas. Por outro lado, a ausência de serviços de saneamento apresenta também fortes externalidades negativas na saúde da população. (HELLER, 1997)<sup>6</sup>

Dados do Ministério da Saúde registram uma média anual aproximada de 700 mil internações hospitalares provocadas por doenças relacionadas à ausência ou insuficiência do saneamento básico. Apesar de alguma melhoria no período, esses números são ainda muito elevados.

Da mesma forma, a queda dos indicadores de mortalidade infantil, para 32,80% em 2001, é ainda muito tímida. (HELLER, 1997)<sup>6</sup>

A incidência de doenças de veiculação hídrica, bem como dos maiores coeficientes de mortalidade infantil, é maior nas regiões menos desenvolvidas do país e nos municípios de menor renda. Pois nessas áreas é comum se verificar os mais baixos indicadores de cobertura.

Na Região Nordeste, por exemplo, que abriga 25% dos domicílios brasileiros, as internações hospitalares provocadas por doenças relacionadas com ausência ou insuficiência de saneamento representam 44% do total do país, e os déficits de água e esgotos representam, respectivamente, 33% e 62%. Por outro lado, na Região Sudeste, que abriga 45% dos domicílios do país, as internações hospitalares provocadas por doenças relacionadas com ausência ou insuficiência de saneamento representam 21% do total, e os déficits de água e esgotos representam, respectivamente, 12% e 18%. (HELLER, 2006)<sup>12</sup>

Afirma-se que vários tipos de infecções relacionadas à água ocorrem mais freqüentemente em áreas onde há inexistência de serviços de saneamento. (HELLER, 2006)<sup>12</sup>

Assim, observando-se as avaliações apresentadas, identificam-se algumas características inerentes às conseqüências da disposição inadequada dos esgotos.

Primeiramente, pressupõe-se que este serviço é essencial para a proteção da saúde pública, pois se constatou que muitas infecções podem ser transmitidas de uma pessoa doente para outra sadia, por diferentes caminhos, como os alimentos, os utensílios domésticos, as mãos ou serem transportados por vetores, como moscas e baratas, provocando novas infecções.

Pode-se, diante dos argumentos acenados, depreender que a falta de tratamento de esgotos cria uma situação de risco direto de contaminação para a população. Considerando risco direto a probabilidade de que um determinado evento ocorra multiplicado pelos danos causados por seus efeitos. (COHEN, 1993)<sup>35</sup>

É importante deixar claro, no entanto, que a demanda não se restringe à população de baixa renda, tendo em vista que a inadequação das soluções tecnológicas põe em risco a população como um todo. De uma forma geral, as intervenções em saneamento têm sido fragmentadas e/ou descontínuas, com desperdício de recursos e baixa eficácia das ações implantadas.

Muitas vezes as tecnologias adotadas não são compatíveis com as condições socioeconômicas e culturais das populações-alvo das intervenções. E, os processos de tomada de decisão tanto das políticas, quanto de programas têm se realizado, na maior parte dos países, segundo uma lógica tecno-burocrática, sem a participação das populações e da sociedade civil organizada. (BRASIL. Ministério da Saúde, 1995)<sup>34</sup>

Outra importante característica da essencialidade desse serviço é que ao se tratar os esgotos, efetivamente se está contribuindo para a preservação do meio ambiente, além disso, a poluição das águas limita os usos múltiplos dos recursos hídricos (abastecimento de água, paisagismo, lazer e turismo, entre outros) e repercute negativamente na economia das regiões afetadas. (SANT'ANNA & SILVEIRA, 1990)<sup>36</sup>

Enfim, os argumentos acima, sem pretender esgotar o assunto, indicam a necessidade de novas estratégias para o acesso a serviços de saneamento, seja no Brasil ou em países que ainda precisam ampliar o atendimento nessa área.

Assim, para enriquecer o debate, serão analisadas diferentes abordagens sobre as soluções para o tratamento de esgotos, a fim de compreender a contribuição que as Tecnologias Sociais podem proporcionar ao objetivo de universalização do acesso aos serviços de tratamento de esgotos.

## **CAPÍTULO 5 TECNOLOGIA SOCIAL E ECOLÓGICA: UMA ESTRATÉGIA PARA O DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL**

Para que a natureza da tecnologia social seja compreendida, é necessário fazer uma caracterização geral de como esse tipo específico de tecnologia deveria ser. Assim, na presente seção se estabelecerá uma breve comparação entre as Tecnologias Convencionais e as Tecnologias Sociais. E ainda, enfatizar sua diferenciação das Tecnologias Alternativas.

A Tecnologia Social surge como uma crítica a tecnologia capitalista e de uma percepção, mesmo que ainda difusa, da necessidade de pensar o desenvolvimento tecnológico no Brasil a partir de um enfoque de inclusão social. (DAGNINO, 2004)<sup>37</sup>

Destacam-se duas características que a diferenciam de outras iniciativas em curso no país orientadas à dimensão científico-tecnológica. A primeira é o marco analítico-conceitual da Tecnologia Social que trataremos aqui, e a segunda é seu caráter de rede.

De um modo geral, a tecnologia capitalista convencional pode ser definida a partir de um conjunto de características (relativas a seus efeitos sobre o trabalho, à sua escala de produção ótima, aos seus efeitos sobre o meio-ambiente, às características dos insumos utilizados na produção, ao ritmo da produção, ao tipo de controle exercido sobre os trabalhadores, etc.) que a distingue da tecnologia social. (DAGNINO, 2004)<sup>37</sup>

Assim, são elementos inerentes às Tecnologias Convencionais: a pouca necessidade do emprego de mão-de-obra (o que pode ser verificado na constante substituição do trabalho humano por trabalho mecânico); a segmentação, não permitindo que o produtor direto exerça controle sobre a produção; é alienante, pois suprime a criatividade do produtor direto; é hierarquizada, pois exige que haja a posse privada dos meios de produção e o controle sobre o trabalho; tem como objetivo principal maximizar a produtividade, ainda que isso tenha efeitos negativos sobre o nível de emprego; a Tecnologia Convencional é, ainda, propagada pelas empresas dos países desenvolvidos e simplesmente absorvida de forma acrítica pelas empresas dos países subdesenvolvidos; por fim, a Tecnologia Convencional impõe aos países desenvolvidos padrões que são orientados pelos mercados dos países desenvolvidos, de alta renda. (DAGNINO, 2004)<sup>37</sup>



Assim, frente às considerações apresentadas acima, é plausível afirmar que a tecnologia capitalista convencional reforça a dualidade capitalista, submetendo trabalhadores a detentores dos meios de produção; e países subdesenvolvidos a países desenvolvidos, perpetuando e ampliando as assimetrias de poder dentro das relações sociais e políticas. Nesse sentido, essa tecnologia pode ser vista como um elemento que provoca a gradual erosão da democracia.

Por outro lado, a Tecnologia Social tem, como um de seus objetivos, justamente reverter essa tendência colocada pela Tecnologia Capitalista Convencional. Vejamos, pois, algumas das suas características.

O principal foco para sua utilização seriam as micro e pequenas empresas e os empreendimentos autogestionários, pois atendem a uma menor escala física e financeira. Entende-se que essa configuração é mais amigável aos trabalhadores e pequenos proprietários, por estabelecer uma relação mais direta entre os envolvidos, favorecendo seu potencial criativo e empreendedor.

Dessa forma as tecnologias sociais estariam mais adaptadas à realidade local, sendo, portanto mais adaptada aos problemas encontrados em cada contexto. No caso do Brasil, por exemplo, essa opção estaria mais voltada ao mercado interno de massa, que ao mercado externo, isso se traduziria em um deslocamento do foco de destino da produção, do mercado externo, numa posição divergente da tendência econômica dominante. (DAGNINO, 2004)<sup>37</sup>

Distinguem-se, então, esses modelos da seguinte maneira, enquanto a tecnologia capitalista convencional é funcional para a grande empresa privada (em especial para as grandes empresas multinacionais), a tecnologia social favoreceria, principalmente, os trabalhadores e os pequenos proprietários. (DAGNINO, 2004)<sup>37</sup>

É importante ressaltar que a passagem do padrão apoiado na Tecnologia Convencional para um padrão diferente, baseado na Tecnologia Social, implicaria em mudanças significativas na base produtiva. Sendo necessário, primeiramente, realizar uma etapa que necessitaria da remodelagem de artefatos e tecnologias capitalistas já existentes, onde os diversos grupos sociais poderiam adequar os elementos da técnica aos seus interesses, em um processo essencialmente democrático, batizado de adequação sociotécnica. (DAGNINO, 2004)<sup>37</sup>

Outra consideração que precisa ser feita é que o conceito de “Tecnologia Social” não deve ser confundido com o de “Tecnologia Apropriada”.

O conceito de Tecnologia Apropriada foi inicialmente desenvolvido por Mahatma Ghandi na Índia, entre os anos de 1924 e 1927, que revolucionou o processo de fiação manual, como forma de lutar contra as injustiças sociais prevalentes naquele país.

O trabalho de Ghandi despertou a consciência política de milhões de indianos, mostrando-lhes a necessidade de autodeterminação das comunidades e, também, de implementar um processo de desenvolvimento que privilegiasse o saber social, popular, e as soluções nativas. Essa concepção se contrapunha ao conhecimento importado, sempre distante da realidade cotidiana dos cidadãos e, por vezes, contrário a essa realidade.

As idéias propostas por Ghandi implicavam a contínua melhoria dos processos e técnicas tradicionais, a adaptação das tecnologias modernas à realidade local. A base de todo este trabalho, contudo, era a intensa participação das comunidades afetadas na busca de soluções para os seus problemas, assim como o aproveitamento dos diferentes saberes, informações e experiências acumuladas pelos cidadãos. (DAGNINO, 2004)<sup>37</sup>

Suas idéias, pouco a pouco, começaram a influenciar as comunidades excluídas de países próximos à Índia, como a China, por exemplo. Mais tarde, foram incorporadas, melhor desenvolvidas e sistematizadas por Ernest Frederick Schumacher, economista alemão radicado na Inglaterra. Ele criou a expressão Tecnologia Intermediária– também chamada de Tecnologia Popular– para identificar um tipo de tecnologia que, por suas características, seria mais apropriada aos países pobres.

Estas características eram as seguintes: a) baixo custo operacional; b) simplicidade funcional; c) facilidade de manejo; d) eficácia na solução dos problemas cotidianos; e) uso em pequena escala; f) replicabilidade, isto é, a possibilidade de ser aplicada em outros contextos sociais com a mesma eficácia.

Ou seja, as Tecnologias Apropriadas têm sido empregadas em oposição às Tecnologias de Ponta, ou que tem base nos avanços científicos mais recentes. Compreendendo o emprego de práticas antigas para satisfazer às necessidades de comunidades carentes.

Passou-se, enfim, a definir a Tecnologia Apropriada como “um conjunto de técnicas de produção que utiliza de maneira ótima os recursos disponíveis de certa sociedade, maximizando, assim, seu bem-estar.” (DAGNINO, 2004)<sup>37</sup>

As expressões cunhadas pelo movimento da tecnologia supracitada são essencialmente normativas, no sentido de idealizar a tecnologia desejada (construir um “farol”), sendo, por isso, considerada ingênua, pois acreditava que o emprego de Tecnologias Alternativas pudesse por si só trazer a mudança do contexto em que elas operavam, sem que uma “bússola” se encontrasse disponível para guiar seu processo de desenvolvimento. (DAGNINO, 2004)<sup>37</sup>

Por esse ponto de vista, mesmo quando os atores tivessem a possibilidade de ter um acesso qualificado à informação, seria escasso o aprendizado decorrente. Eles seriam na melhor das hipóteses, simples usuários da tecnologia, e não agentes ativos num processo de construção sociotécnica que tivesse como resultado um artefato tecnológico que garantisse o atendimento de suas necessidades e expectativas.

Devido a essas características, o movimento não foi capaz de conceber processos de geração e difusão de conhecimentos alternativos aos usuais, que pudessem, através do envolvimento dos atores sociais interessados, fornecer os meios para a mudança de estilo de desenvolvimento que propunham. Fazendo com que a Tecnologia Apropriada não fosse, de fato, adotada e, muito menos, que tais processos fossem se incorporando, como força motora, num movimento auto-sustentado semelhante ao que caracteriza a Tecnologia Convencional. (DAGNINO, 2004)<sup>37</sup>

É conveniente ressaltar que, embora centrada no objetivo de desenvolvimento social, sua postura era defensiva, adaptativa e não-questionadora das estruturas de poder dominantes no plano internacional e local. Pois muitas tecnologias, apesar de se orientarem pela simplicidade, baixo custo, fácil aplicabilidade e impacto social, não, necessariamente, estavam associadas a organizações coletivas. Portanto, são idéias boas e baratas, mas as pessoas não precisavam se organizar coletivamente para melhor utilizá-las.

Mais do que isso, seu emprego poderia levar à criação de uma dinâmica de difusão semelhante à dominante, que tinha o “setor moderno” como foco, mas que partindo do “setor atrasado” iria encontrá-la na fronteira entre eles. (DAGNINO, 2004)<sup>37</sup>

Mesmo assim, o movimento da Tecnologia Apropriada teve algum impacto, se não na implementação, pelo menos na formulação da Política de Ciência e Tecnologia dos governos latino-americanos.

Sobretudo, para geração de postos de trabalho que demandassem um investimento menor do que o associado às Tecnologias Convencionais, relacionado a setores mais “atrasados” (produtores de bens que satisfazem necessidades básicas), era freqüentemente apontado como prioritária nos planos de governo. (DAGNINO, 2004)<sup>37</sup>

Já o marco da Tecnologia Social dá atenção ao processo, ao caminho que vai se desenhando ao longo de um percurso que não tem data de chegada definida, ou seja, disponibiliza uma “bússola”. São pressupostos básicos para conferir ao marco da Tecnologia Social maior solidez e eficácia: a dimensão de processo inovativo e de adequação sociotécnica.

Nesse sentido, a contribuição da teoria da inovação permite entender que a Tecnologia Social, pelas suas características, só se constitui como tal quando ocorre um processo de inovação do qual aflore um conhecimento criado para atender aos problemas que enfrenta a organização ou grupo de atores envolvidos, denominado inovação social. (DAGNINO, 2004)<sup>37</sup>

A “Abordagem Sociotécnica” surge no âmbito da nova sociologia da ciência, responsável pela conformação de um novo campo de estudos sobre a tecnologia: a sociologia da tecnologia ou sociologia da inovação. (DAGNINO, 2004)<sup>37</sup>

Segundo a “Abordagem Sóciotécnica”, só é possível entender o desenvolvimento de um artefato tecnológico estudando o contexto sociopolítico e a relação de forças entre os diversos grupos com ele envolvido, ou seja, sua adequação sóciotécnica. Esta abordagem tem significativa importância para conceber exitosos processos de desenvolvimento de Tecnologias Sociais.

Com esse pano de fundo, partindo do movimento da Tecnologia Apropriada, das críticas que lhe foram formuladas e das contribuições acima apresentadas, pretende-se apontar como marco da Tecnologia Social uma dimensão processual, uma visão ideológica e um elemento de operacionalidade delas derivadas que não se encontrava presente no movimento da Tecnologia Apropriada.

Transcende-se, assim, a visão estática e normativa, de produto já idealizado, e introduz-se a idéia de que a Tecnologia Social é em si mesmo um processo de construção social e, portanto, político (e não apenas um produto). Portanto, essa terá de ser operacionalizada nas condições dadas pelo ambiente específico onde irá ocorrer, e cuja data final depende dessas condições e da interação passível de ser lograda entre os atores envolvidos. Logo, essas características parecem fundamentais para o seu sucesso.

Em outras palavras, considera-se Tecnologia Social “*todo produto, método, processo ou técnica criados para solucionar algum tipo de problema social e que atendam aos quesitos de simplicidade, baixo custo, fácil aplicabilidade e impacto social comprovado*”.

É um conceito que remete para uma proposta inovadora de desenvolvimento, baseada na disseminação de soluções para problemas voltados a demandas de água, alimentação, educação, energia, habitação, renda, saúde e meio ambiente, dentre outras. As Tecnologias Sociais podem nascer no seio de uma comunidade ou no ambiente acadêmico. Podem ainda aliar saber popular e conhecimento técnico-científico.

Importa, essencialmente, que sua eficácia seja multiplicável, propiciando desenvolvimento em escala e, ainda, que desenvolva a participação político social das comunidades desenvolvidas nos projetos de desenvolvimento local.

Um dos exemplos mais interessantes é a multimistura, complemento alimentar largamente utilizado no Brasil no combate à desnutrição. Esse produto, isoladamente, não pode ser compreendido como uma Tecnologia Social. O que tornou a multimistura um exemplo clássico dessa tecnologia foi quando esta passou a ser a base do trabalho de várias organizações de assistência, creches populares e, principalmente, das pastorais, em vários estados e municípios. Mas, só ganhou escala quando passou a ser incorporada à política pública de segurança alimentar, que apoiou as organizações sociais responsáveis pelo mapeamento e o fornecimento da multimistura a combater a desnutrição em diversas regiões do país. (DAGNINO, 2004)<sup>37</sup>

Outro exemplo são as cisternas de placas pré-moldadas, que servem de reservatório para acumular a água da chuva e proporcionar o abastecimento durante o período de seca.

Essa tecnologia permaneceu por muito tempo apenas como uma boa idéia. O modelo hoje multiplicado nas regiões mais secas do Brasil foi criado há quase 25 anos por um inventivo nordestino que adaptou a técnica e construção de piscinas, que aprendera em São Paulo, para criar reservatórios de água no sertão.

Atualmente, a construção de cisternas tornou-se política pública em torno do programa Fome Zero, graças ao envolvimento de inúmeras ONGs, como a Cáritas, entidade ligada à Igreja e outras, reunidas em torno do programa Articulação do Semi-Árido (ASA). As cisternas tornaram-se rapidamente um instrumento importante de convivência com a seca e beneficiam milhares de pessoas.

É importante destacar que as famílias ao participarem do programa de implementação das cisternas são capacitadas a se organizar em associações, com o objetivo de enfrentarem coletivamente seus problemas de desenvolvimento local.

A partir dessa iniciativa, cada família contribui, na medida de suas condições, com um fundo comunitário, que recebe de cada beneficiário do programa um valor correspondente ao gasto material para a construção das cisternas. A associação gere o fundo comunitário e, com os recursos, deliberado coletivamente, toma iniciativas de interesse comum. Foi criado, por exemplo, um banco de sementes, onde toda família integrante da associação pode disponibilizar sementes que lhe garantam um futuro plantio.

Com isso, a população se liberta de uma dupla dependência política: a dos caminhões-pipa, que socorrem as famílias na seca em troca de submissão política, e a da compra de sementes, em geral controlada pelos mesmos fornecedores dos carros-pipa. Assim, o programa não se restringe apenas na construção de cisternas, mas na capacitação para a cidadania, a partir da organização da sociedade local. (DAGNINO, 2004)<sup>37</sup>

Na busca de critérios para operacionalização de empreendimentos considerados como Tecnologias Sociais, deve ficar claro que as tecnologias, seus procedimentos e métodos são os pressupostos, ou seja, a base pela qual é possível articular uma ampla rede de atores sociais. Contudo, apesar dessa ser uma condição necessária, não é suficiente para seu sucesso. Pois, estes precisam ser estruturados a partir de modelos flexíveis, porque nem tudo que é viável em um lugar pode sê-lo, da mesma forma, em outro.

Assim, além da importância dada ao padrão tecnológico, cujos elementos essenciais permitem sua disseminação em escala, outro item necessário para a reaplicação de uma Tecnologia Social pode ser, por exemplo, um programa de formação e capacitação, e não necessariamente, um componente mecânico ou eletrônico.

Para o desenvolvimento de uma Tecnologia Social, deve-se cumprir pelo menos quatro fases essenciais, que fazem parte do segredo de sua viabilidade em escala:

- a. A primeira é a fase de criação, que pode nascer tanto da sabedoria popular, como do conhecimento científico, ou da combinação de ambas;

- b. A fase seguinte é a da viabilidade técnica, na qual há a consolidação de um padrão tecnológico (a multimistura tem sua fórmula e um método de produção, a cisterna tem um projeto básico e um roteiro de construção);
- c. Posteriormente, vem a fase da viabilidade política, pois a TS, por várias razões e meios, necessita ganhar visibilidade.

Assim, é fundamental que especialistas influentes comentem e recomendem-na. Favorecendo que entidades civis e outras organizações passem a reivindicar seu uso, por considerarem-na uma solução para seus problemas e necessidades;

- d. A última fase é a da viabilidade social, visto que só ocorre quando a tecnologia já se mostrar capaz de ganhar escala. Requer a montagem de uma complexa logística de assistência, ou seja, a tecnologia precisa ter bases de apoio para que seja demonstrada, reaplicada e cercada de orientações a quem a aplica. Para isso, a articulação de uma ampla rede é fundamental, de forma que abone a sua demanda e garanta a capacidade de implementação.

Para que todas as fases possam ser plenamente cumpridas é necessária a articulação entre governo, administração, especialistas e organizações sociais. Essa rede de relações é fundamental para seu sucesso, já que o objetivo principal é integrar-se a uma política pública. Pode-se expressar a construção dessa rede na forma de circuitos a serem percorridos. (DAGNINO, 2004)<sup>37</sup>

O primeiro é o circuito dos dirigentes governamentais formada pelos responsáveis por tomadas de decisões sobre as políticas e definir sobre a alocação de recursos.

O maior desafio das Tecnologias Sociais é romper o isolamento e viabilizarem-se como projetos nacionais de larga escala. Fazer parte desse circuito significa participar de um programa de governo com destinação de recursos necessários a sua execução. Sendo fundamental pautar a agenda dos dirigentes governamentais para que conheçam e se sensibilizem. É considerado o circuito mais inacessível. Porém, sem o seu envolvimento as tecnologias sofrerão problemas de escala, permanecendo isoladas.

O segundo é o circuito da burocracia. Esse circuito é fundamental, pois, para a implementação das Tecnologias Sociais é necessário cumprir requisitos legais, processuais normativos. Porém, nem sempre quem está protagonizando determinado processo tem personalidade jurídica, capacidade para formular projetos, competência para definir orçamentos e, também, deixar pessoas disponíveis para acompanhar todos os meandros burocráticos, podendo correr o risco de estagnarem-se.

Como formas de quebrar essas barreiras, muitas Tecnologias Sociais buscam criar precedentes com parceiros institucionais (prefeituras, governos estaduais, entidades nacionais reconhecidas), através de projetos-piloto.

O terceiro é o circuito da academia, pois é essencial dotar as Tecnologias Sociais de racionalidade técnica para que aumentem suas chances de serem legitimadas e ganhar força no circuito administrativo.

Como a maioria das Tecnologias Sociais tem sua origem no conhecimento popular, apesar de terem seus efeitos comprovados, muitas vezes seus procedimentos são repassados por mecanismos complexos, mais adaptados a vida comunitária. Assim as pessoas sabem mostrar o que fazem, mas têm dificuldade para explicar de que maneira conseguem fazê-lo.

Uma forma de dotar o conhecimento popular de uma racionalidade científica pode ser feito através de atividade que alie pesquisa e extensão universitária com práticas populares. Desse modo as tecnologias analisadas passam a ganhar legitimidade, podendo ser recomendadas pela academia.

O último circuito é composto pelos movimentos populares. Muitas tecnologias são resultantes de pesquisas desenvolvidas nas universidades e centros de pesquisa, portanto, para se tornarem Tecnologias Sociais é necessário que sejam aceitas pelos movimentos populares.

Um exemplo é o emprego de materiais alternativos em mutirões para construção de moradias e em projetos governamentais reivindicados por associações de moradores e movimentos de sem-teto. Nesses casos, a tecnologia só se torna uma Tecnologia Social se os movimentos populares organizados passarem a utilizá-la de modo continuado e adequado. Demandando, para isso, da construção de um capital social mínimo, para reunir as pessoas em torno daquela solução, e de capital humano, decisivo para redução dos custos envolvidos.

Com base em experiências concretas, alguns mecanismos tornaram-se relevantes, pois criam condições que auxiliam na obtenção de sucesso e na disseminação das Tecnologias Sociais . Como, por exemplo, a ênfase ao acompanhamento do processo de construção das tecnologias pelos atores beneficiados, denominada “engenharia de construção” de tecnologias. Com isso, visa-se garantir o reconhecimento da autoria de quem a criou, seja uma pessoa ou um grupo social.



Um exemplo pode ser o registro da experiência através de textos, filmes ou fotografias, de modo a documentar sua criação. Outro mecanismo seria a concessão de um *status* de excelência pela inovação, por meio de premiações.

Cabe ainda a sistematização dos processos de construção, com o auxílio da comunidade científica, por meio da “manualização” do conhecimento, tendo em vista a sua posterior reaplicação. O processo deve, ainda, permitir o monitoramento e a avaliação dos resultados.

Com isso cria-se uma importante fonte de referência, além de propiciar a realização de contatos. Sem isso, não produzirão resultados positivos em escala para a melhora na qualidade de vida e inclusão social.

Ainda que se tenha passado muito rapidamente sobre o marco analítico-conceitual que vai influenciar na definição das Tecnologias Sociais, é importante ressaltar que se trata de um conhecimento enraizado em práticas, experiências e medidas socialmente partilhadas, pois faz uso de ferramentas que estimulam e provocam a participação. Assim, parte do pressuposto de que todos os atores envolvidos são capazes de, refletindo sobre sua realidade, produzirem conhecimento.

Outra premissa que é fundamental para sustentação e fortalecimento dos atores interessados no emprego das Tecnologias Sociais é a estratégia de montar e acionar uma rede nesse campo. Desse modo pode-se reunir e organizar um conjunto de iniciativas que permaneciam dispersas, isoladas e sobrepostas. Com isso, espera-se facilitar as trocas e informações e permitir a estruturação de suportes que podem ser decisivos ao esforço de reaplicação e consolidação dessas tecnologias.

No âmbito do governo federal, um grupo de agentes governamentais iniciou uma articulação em torno da criação de uma Rede de Tecnologias Sociais- RTS. Em atendimento à diretriz de inclusão social do governo Lula foi desenvolvida uma rede para integrar as diversas pessoas e instituições governamentais e não governamentais que lidavam com o tema das Tecnologias Sociais, criando uma sinergia de esforços alavancando a atuação de instituição no campo social.

Reuniram-se representantes da Fundação Banco do Brasil- FBB, da Financiadora de Estudos e Projetos- FINEP, órgão do Ministério de Ciências e Tecnologias- MCT, da Petrobrás e da Secretaria de Comunicação e Gestão Estratégica da Presidência da República- SECON/PR; além de organizações não governamentais, organizações da sociedade civil, professores universitários e pesquisadores.

Desse esforço conjunto surgiu em 2005, a Rede de Tecnologia Social, definida como “*um instrumento de organização coletiva para a democratização de soluções tecnológicas que promovam a inclusão social*”. Sendo seu objetivo principal “*promover o desenvolvimento sustentável mediante a reaplicação, em escala, de Tecnologias Sociais, estimulando sua adoção pelas políticas públicas*”. (DAGNINO, 2004)<sup>37</sup>

Como primeiro passo para consolidação da RTS foram integrados diversos bancos de dados contendo experiências de Tecnologias Sociais existentes no país. Dentre os quais se destacam os da Fundação Banco do Brasil - FBB, do Instituto Polis da Fundação Getúlio Vargas- FGV, do Centro de Estudos para a Administração Municipal- CEPAM, do Instituto Brasileiro de Administração Municipal- IBAM, da Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária- EMBRAPA, do Instituto Ethos, do Serviço Brasileiro de Apoio a Micro e Pequenas Empresas- SEBRAE e da Secretaria de Assuntos Institucionais do Partido dos Trabalhadores.

Mesmo assim verificou-se certa limitação das opções existentes indicando a necessidade da criação de formas de incentivo à pesquisa e desenvolvimento de novas Tecnologias Sociais, pois foi constatado que inexistiam fundos destinados a esse tipo de pesquisa, uma vez que, na maioria das vezes, tais atividades nem mesmo são consideradas como científicas.

Para o financiamento da aplicação em larga escala das Tecnologias Sociais, grande atenção deve ser dada a avaliação e ao monitoramento de sua aplicação, a fim de torná-las o carro chefe de uma nova política de desenvolvimento econômico- social.

Assim, “*abre-se a oportunidade inédita de construir uma agenda de integração das tecnologias que possam estruturar soluções mais amplas, menos parciais, e formar mercados solidários que proporcionem novas janelas a muitos empreendimentos. Cadeias produtivas agrícolas podem se articular com redes capazes de organizar a venda de seus produtos. Diferentes órgãos governamentais podem se dedicar mais, especificamente, de modo articulado, a diferentes fases de implementação, como a formação de modelos de negócio, o financiamento ou a organização de cooperativas de crédito, a formação para a gestão de empreendimentos solidários e a organização da logística de distribuição, entre outras*”. (DAGNINO, 2004)<sup>37</sup>

Para tanto, é necessário que “as informações sobre as tecnologias e os interlocutores de cada uma delas entre os diferentes circuitos tenham sustentação específica em diferentes fases”. Com isso espera-se “*diminuir a linha divisória que aparta as tecnologias rurais das urbanas; as das grandes e as das pequenas cidades; as de produção e as de consumo*”.

### **5.1 Tecnologias Sociais e Ecológicas em Saneamento**

Como forma de retomar o tema sobre as tecnologias de tratamento de esgotos com destaque para aquelas que ofereçam condições favoráveis para a formação de empreendimentos sociais e ecológico, procurou-se descrever os sistemas denominados de Saneamento Ecológico ou *Ecological Sanitation*. Esses sistemas de tratamento de efluentes podem ser realizados por meio de vários métodos de aplicação, que usam processos físicos, químicos e biológicos, sendo empregados com sucesso no tratamento de esgotos domésticos em países da Europa, África e Ásia.

O conceito de Saneamento Ecológico é baseado nas seguintes estratégias:

- 1) abordagem holística;
- 2) integração de soluções tecnológicas e de gestão;
- 3) e na redução da poluição como um processo de longo prazo.

Portanto, integram as contribuições da Economia Ecologia, da Engenharia Ecologia e das Tecnologias Sociais.

Segundo essa vertente, há duas críticas principais às Tecnologias “Convencionais”: a primeira é que elas constituem sistemas “abertos”, por se basearem no uso intensivo de recursos energéticos e emissão de poluentes. Nessa abordagem o esgoto é considerado como lixo, como produto sem valor, que tem de ser eliminado o mais rápido possível, se for necessário com custos altos. Por exemplo, o tratamento de esgoto (aeróbio) remove os nutrientes (amônio e fosfato) com gasto de energia e de material, para finalmente liberar o nitrogênio gasoso para a atmosfera, e fixar o fosfato via processo biológico ou químico, no lodo. Ao mesmo tempo a indústria de adubo artificial produz fertilizantes com mais gasto de energia ainda, retirando o nitrogênio do ar e fosfatos de minerais naturais.

A outra é a necessidade de grandes volumes de água potável para o transporte das fezes humanas. Sob o ponto de vista do Saneamento Ecológico estas características representam o grande fator desestabilizador do meio ambiente, pois não são econômicos, nem ecológicos.

Os princípios dos sistemas de Saneamento Ecológico se caracterizam por três aspectos fundamentais: “*converter a excreta humana em material seguro; prevenir a contaminação ao invés de controlar depois de contaminar; e reusar na agricultura e aquíicultura os produtos seguros da excreta humana saneada*”. (ESREY 1998)<sup>2</sup>

Este enfoque considera a excreta humana como um recurso, por isso defende que sejam tratadas no lugar onde são produzidas para depois, se necessário, processá-lo em outros lugares até que se convertam em material seguro. Assim, os nutrientes contidos na excreta poderão ser reciclados para uso na agricultura e aquíicultura (Figura 3).

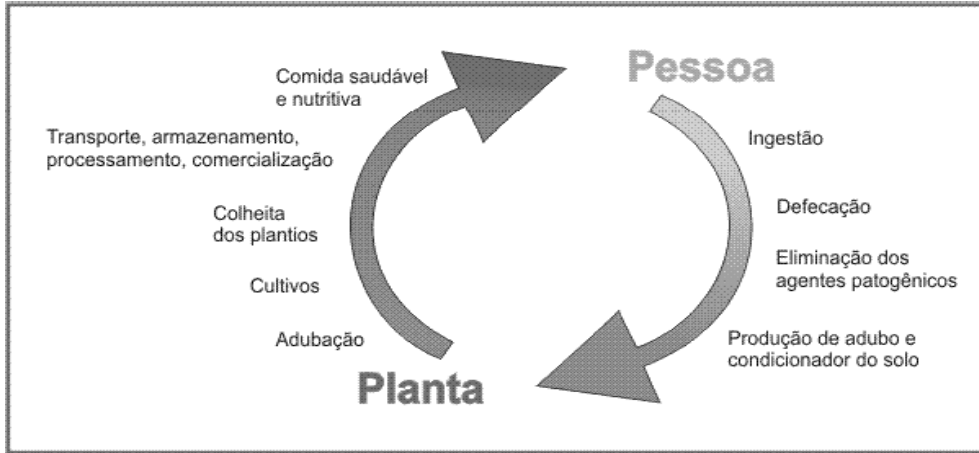
A abordagem dos sistemas de Saneamento Ecológico fundamenta-se na proposta de mudança no modo como as pessoas pensam e agem com relação às águas residuárias e a excreta humana. Dessa forma reconhece a necessidade e o benefício de se promover o bem estar e a saúde da população e, ao mesmo tempo, recuperar e reciclar os nutrientes, valorizando o fechamento dos ciclos naturais (Figura 3).

Visa, assim, questionar o paradigma dominante fornecendo novos subsídios, tanto no meio acadêmico, como na política setorial, para a necessidade de preservação dos recursos hídricos e na promoção de um ambiente saudável.

As bases dos Sistemas de Saneamento Ecológico podem ser apoiadas nos princípios:

- Reduzir o consumo de água;
- Reduzir a quantidade de esgoto a ser coletado e transportado;
- Reduzir as distâncias de transporte dos esgotos;
- Reduzir custos com escavação e infra-estrutura.

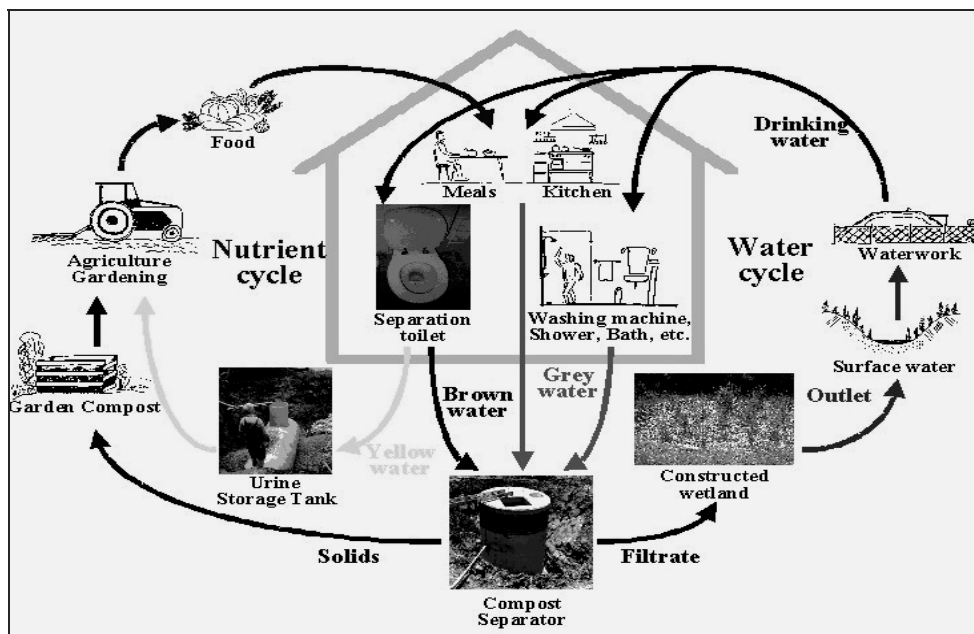
**FIGURA 3: Esquema Demonstrativo Referente ao “Closing The Loop” Proposto em Sistemas de Saneamento Ecológico**



FONTE: (ESREY, 1998)

Existem duas características básicas nos projetos de saneamento ecológico, uma delas é a separação das diferentes formas de esgoto nas suas origens, como: a água cinza (lavação, banho); a água amarela (urina) e a água marrom/preta (fezes), com o objetivo de valorizá-los.

**FIGURA 4: Esquema de Separação e Aproveitamento das Águas Usadas Domiciliares**



FONTE: (OLDEMBURG, 2003)

A água cinza (Figura 4) é o esgoto produzido sem fezes humanas, em residências, constituído por águas de lavagem e limpeza.

As concentrações de matéria orgânica e de nutrientes ainda são baixas, sendo possível alcançar bons padrões de tratamento com sistemas tipo wetlands de fluxo horizontal ou vertical. Mesmo com alta carga hidráulica pode apresentar efluente com cerca de 1.000 NMP coliformes termotolerantes/100 ml, o que atende aos padrões de balneabilidade, segundo os padrões da OMS. (OLDENBURG, 2003)<sup>38</sup>

Aparentemente, o principal problema decorrente da ação de reutilização de águas cinzas com objetivos de economizar água seria o aumento do custo decorrente da instalação e manutenção de sistemas duplos de distribuição. O principal destino destas águas deve ser a utilização sanitária e o uso agrícola. (RAPPORT, 2004)<sup>39</sup>

Água amarela (Figura 4) é o nome designado para chamar a urina pura, separada de fezes. Um dispositivo relativamente simples faz a separação da urina, evitando-se que ela se misture com as fezes, através de uma parede divisória no interior do vaso sanitário, de modo que a urina sai pela parte da frente enquanto que as fezes caem pela abertura na parte de trás. Esses vasos possuem uma superfície especial porque quase não pode ser usada água para descarregar e limpar. Sem dúvida a urina humana é um adubo de alto valor, pois contém entorno de >80% de Nitrogênio, >58% de Fósforo, >77% de Potássio. (OLDENBURG, 2003)<sup>38</sup>

A experiência na Suécia com o uso de urina na agricultura é muito positiva, mas um problema provável reside nos restos dos remédios na urina humana e de perturbadores endócrinos, sendo que já existem estudos para determinar o impacto dessas substâncias na saúde de animais, plantas e do homem.

Água preta (Figura 4) é a denominação utilizada para indicar águas residuais composta por fezes puras separadas no vaso especial. Podendo ser chamada também de água marrom, quando há fezes misturadas com urina e pouca água, podendo ser tratados por processos anaeróbios, com reaproveitamento do biogás. Também se observa um aumento do biogás com co-fermentação com lixo orgânico, além de um lodo em condições próprias para o uso agrícola. (W.H.O., 2006)<sup>40</sup>

Outros tipos de projetos combinam a urina com as fezes, de modo que possam ser processadas juntas, é o que tem sido mais empregado no Brasil. (OIA, S/D)<sup>41</sup>

Em ambos os casos, é possível gerenciar a excreta com pouca ou nenhuma água e também é possível mantê-lo longe do solo e das águas superficiais e subterrâneas

Enfim, o Saneamento Ecológico propõe uma visão integral na gestão de águas residuárias e do saneamento. Tais soluções baseiam-se no encerramento sistemático dos fluxos de materiais locais com a finalidade de fechar o ciclo entre o saneamento e a agricultura, enfocando nos princípios de reciclagem da água e dos nutrientes, além de servir como alternativa aos sistemas de saneamento convencionais.

Há cerca de 10 anos a Agência Sueca de Cooperação Internacional para o Desenvolvimento (*Swedish International Development Cooperation Agency- SIDA*), tem sido pioneira na promoção ativa dos programas de Saneamento Ecológico seco, coletadas em sistemas de descarga por vácuo (*dry sanitation*). (DRANGERT, 1997)<sup>42</sup>

Atualmente o mais importante projeto internacional de investigação e desenvolvimento de serviços é o Projeto ECOSAN- *Ecological Sanitation*. Esse projeto é promovido pela Empresa de Cooperação Técnica da Alemanha (*Deutsche Gesellschaft für Technische Zusammenarbeit- GTZ*) e financiado pelo Ministério Federal para a Cooperação Econômica e Desenvolvimento Alemão (BMZ). Também conta com a cooperação do Banco Mundial, da União Européia, da Organização das Nações Unidas- O.N.U., do Banco Africano e Asiático de Desenvolvimento, entre outros.

Em colaboração com seus parceiros internacionais e locais o projeto ECOSAN promove uma rede global de pessoas, instituições e projetos vinculados especificamente a este setor. Sendo dirigidas a especialistas, usuários potenciais e pessoas encarregadas de promover políticas, que estejam buscando informações e respostas concretas a perguntas específicas, e que necessitem de ferramentas que as ajudem a tomar decisões.

O projeto ECOSAN do GTZ apóia esta rede de várias formas:

- Boletim eletrônico – Desde junho de 2000 um boletim eletrônico está disponível na rede eletrônica em vários idiomas, contendo notícias sobre os novos desenvolvimentos em saneamento ecológico, informações, publicações atuais, eventos e contatos interessantes. Sendo necessário para inscrever-se o envio de um correio eletrônico com a frase “subscribe ecosan” para [mayordomo@mailserv.gtz.de](mailto:mayordomo@mailserv.gtz.de).
- Sítio da Web - As informações mais recentes sobre gestão de águas residuárias por sistemas de ciclo fechado estão disponíveis no sítio [www.gtz.de/ecosan](http://www.gtz.de/ecosan) contendo bases de dados sobre tecnologias ECOSAN, dados sobre projetos e outras publicações.

- Bases de Dados de Projetos e de Tecnologias ECOSAN – São disponibilizados constantemente listas atualizadas de projetos piloto, dados de tecnologias e componentes de sistemas ECOSAN;
- Conferências e Seminários – 1º e 2º Simpósio Internacional sobre Saneamento Ecológico, Bonn, 2000 e Lübeck, 2003; recentemente foi realizado em Fortaleza/Brasil a 1º Conferência Internacional em Saneamento Sustentável: Segurança alimentar e hídrica para a América Latina, 2007.
- Cooperação de campo – A GTZ apóia a cooperação entre especialistas que trabalham com o enfoque ECOSAN, através de intercâmbio e da implementação de projetos-piloto em conjunto;
- Grupos de Trabalhos Nacionais e Internacionais – Até agora só se estabeleceu um grupo de trabalho sobre tecnologia ECOSAN em língua alemã, para tratar o tema de participação, a criação de consciência e educação no campo de projetos de ECOSAN e para desenvolver estratégias, métodos e ferramentas que possam aplicar-se a projetos ECOSAN.

Atualmente existem projetos piloto de tecnologias ECOSAN da GTZ em mais de 20 países, com a proposta de investigar, preparar e elaborar um esquema de financiamento e apoio a estudos preliminares que possam ser apresentados a agências de financiamento.

O saneamento ecológico, por seguir a idéia de sustentabilidade, é considerada a única possibilidade de resolver os problemas de saneamento e de segurança alimentar nas crescentes metrópoles no mundo inteiro, incluindo os países desenvolvidos. (ESREY 1998)<sup>2</sup>

Atualmente o conhecimento existente está na parte básica das concepções de sustentabilidade, principalmente em questões que envolvem o reuso de água tratada de estações de tratamento de esgoto. Já existindo em muitos países leis que determinam a qualidade necessária para os diferentes tipos de reuso, seja na agricultura, seja em áreas urbanas.

Contudo, ainda são poucas as experiências na implantação de sistemas ECOSAN da GTZ em escala maiores, particularmente em áreas urbanas e Peri-urbanas. As primeiras experiências mostram que o sucesso não depende só da ecologia ou da economia, mas também dos aspectos sociológicos, como a aceitação cultural da região. A idéia básica precisa ainda de diversas variações e adaptações nas regiões específicas.

No Brasil essas práticas ainda são incipientes, mas existe uma grande potencialidade tanto para o reuso, quanto para a economia de água.



Abaixo estão relacionados alguns benefícios potenciais da incorporação de sistemas de saneamento ecológico na gestão de efluentes líquidos municipais, mais especificamente para o tratamento de esgotos domésticos.

O desenvolvimento de programas municipais pode estar associado a outros programas. A descentralização poderia se caracterizar como uma maior participação da sociedade, e inclusive respondendo sobre o princípio da universalização no atendimento aos serviços de saneamento.

O resultado destes processos incidiria na geração de empregos diretos e indiretos, devido às diferentes tecnologias ou arranjos que se agregariam as diversas práticas que se oportunizariam a partir destes programas. Neste contexto, a oferta de serviços de saneamento em seu pleno sentido, possibilitaria ainda uma multiplicação da geração de novos empregos decorrentes desta alternativa.

Este enfoque pressupõe uma utilização mais racional do potencial de recursos naturais e humanos disponíveis, sub-utilizados ou simplesmente ignorados, bem como a criação e adaptação de recursos tecnológicos (Engenharia Ecológica) e formas de organização social e política (governamentais e não governamentais) guiadas pelos princípios fundamentais de equidade social, participação democrática em decisões cruciais, respeito às diferenças culturais e aos limites de auto regulação dos ecossistemas. (ESREY 1998)<sup>2</sup>

Assim, a abordagem do Saneamento Ecológico insere-se no campo da mobilização, planejamento e gestão urbana participativa, onde a comunidade produz ações rotineiras de saneamento, visando:

- A racionalização do uso dos recursos públicos, humanos e naturais;
- A ativação de capacidades ociosas disponíveis nas comunidades;
- O incentivo à criatividade social voltada para a formulação e adoção de tecnologias apropriadas às condições específicas da comunidade.

No Brasil, tem se intensificado as pesquisas sobre o desenvolvimento de tecnologias que visam o reaproveitamento dos subprodutos dos esgotos sanitários. Nesse sentido a rede de pesquisa constituída no âmbito do Programa de Pesquisa em Saneamento Básico- PROSAB pode ser considerada, sem dúvida, o mais importante e consistente programa de pesquisa brasileiro sobre técnicas de tratamento de esgotos sanitários para esse fim.

No Edital 01, foram testadas tecnologias de tratamento diferenciadas e também opções de sistemas articulados entre si. Procurou-se utilizar padrões de análise homogêneos, com o propósito de garantir padrões de análise homogêneos favorecendo a comparação e complementação de resultados, tendo em vista a geração de parâmetros otimizados de projeto.

No Edital 02 foram envolvidas doze instituições, as quais desenvolveram 29 sub-projetos de pesquisa relacionados ao pós-tratamento de efluentes domésticos provenientes de Reatores Anaeróbios de Fluxo Ascendente- Upflow anaerobic sludge blanket (UASB), buscava, assim, focar em alguns padrões tecnológicos de tratamento.

No Edital 03 as pesquisas contemplaram a investigação de diversos processos de desinfecção, e o reuso de efluentes sanitários tratados em diferentes experimentos na agricultura, em hidroponia, na piscicultura e na produção de água para atividades industriais.

Na mais recente publicação sobre o tema “Tratamento e Utilização de Esgotos Sanitários” PROSAB- Edital 04, coordenado pela Prof<sup>a</sup> Maria de Lourdes Florêncio dos Santos, pela sua abrangência e relevância, não poderia deixar de ser mencionada. (FLORENCIO; BASTOS & AISSE, 2006)<sup>43</sup>

A atuação do PROSAB confirma o interesse que a utilização de esgotos sanitários tem despertado tanto em países desenvolvidos quanto em países em desenvolvimento nos últimos anos, devido aos seguintes atrativos: (I) reuso e economia de água em atividades urbanas, industriais e agropecuárias; (II) reciclagem de nutrientes, por exemplo, em atividades agrícolas e aquicultura; (III) economia de insumos em atividades produtivas, tais como fertilizantes e ração animal (IV) controle de poluição e eutroficação dos corpos receptores.

As pesquisas se focaram na obtenção de efluentes tratados com tecnologia adequada, que atendam a requisitos sanitários (humano e animal), ambientais, agronômicos e zootécnicos de modo a se enquadrarem aos padrões da legislação. Também foram investigados os requisitos para uso de efluentes tratados para fins urbanos e industriais não potáveis.

Foram elencados alguns padrões tecnológicos de tratamento, como: Reatores Anaeróbios de Fluxo Ascendente (UASB); Disposição Controlada no Solo; Filtros Anaeróbios e Lagoas Anaeróbias. Sendo avaliados os processos de tratamento tanto com relação à qualidade físico-química e microbiológica dos efluentes, quanto como de aspectos operacionais e metodológicos.

Enfim, esse programa contribuiu significativamente para apontar caminhos para superação de problemas relacionados à segurança sanitária, escassez de recursos hídricos, proteção ambiental e a produção de alimentos.

Contudo, reconhece-se não ser suficiente a abordagem de aspectos técnicos, econômicos, ambientais e sanitários, para que o reuso de águas residuárias seja aceita em nossa sociedade.

Com relação aos subprodutos gerados pelo tratamento de esgoto são principalmente: o lodo, o efluente tratado e o biogás. A seguir serão apresentadas as principais características do reuso desses elementos.

## **5.2 Uso do Lodo**

O lodo é o resultado da estabilização e mineralização da matéria orgânica contida no esgoto, ocorrendo, principalmente, através de fenômenos naturais. A quantidade e a natureza do lodo dependem das características do esgoto e do processo de tratamento empregado. Sobre esse assunto podem ser consultados vários autores. (CHERNICHARO, 1997)<sup>15</sup>; (ROQUE, 1996)<sup>17</sup>; (JORDÃO, 2005)<sup>44</sup>; (CAMPOS, 1999)<sup>45</sup>

Os sistemas de tratamento prevêm a redução e a remoção freqüente do lodo para sua manutenção, dispondo de processos que permitam o manuseio e a disposição final desse material como parte integrante da estação, a fim de atenderem aos requisitos, diretrizes e normas ambientais.

Na fase primária do tratamento, o lodo é constituído pelos sólidos em suspensão removidos do esgoto bruto, e o material removido é, em geral, encaminhado para os digestores. A fase secundária o objetivo é a conversão parcial da matéria putrescível em líquidos, sólidos dissolvidos, subprodutos gasosos e alguma destruição de microorganismos patogênicos, bem como a concentração de sólidos estabilizados.

O tratamento do lodo tem por objetivo, basicamente, a redução do volume e do teor de matéria orgânica (estabilização), considerando a disposição final do resíduo.

Para o tratamento do lodo podem ser empregados dois tipos de processos:

- Digestão anaeróbia; e
- Digestão aeróbia.

O processo de digestão aeróbia apresenta as seguintes vantagens: facilidade operacional; baixo custo de implantação; não produz odores; reduz a baixos níveis o número de organismos patogênicos; reduz o material graxo ou solúvel em hexano; reduz a taxa de respiração do lodo; e produz um sobrenadante, quando clarificado, com baixa concentração de demanda biológica de oxigênio- DBO, sólidos e fósforo total. No entanto, apresenta algumas desvantagens, como a necessidade do suprimento de oxigênio artificialmente, elevando seu custo operacional, e produzindo um lodo digerido mais diluído.

No processo de digestão anaeróbia, ocorrem: a estabilização total ou parcial da matéria orgânica presente no lodo; a redução do volume através dos fenômenos de liquefação, gaseificação e adensamento; favorece a redução da umidade, através do processo de separação sólido-líquido; redução da concentração de microorganismos patogênicos; quando estabilizados convenientemente, permite sua utilização como fertilizante biológico para fins agrícolas; geração de 20 a 30 l/hab.d de biogás para cada 400 a 700 l/kg de matéria orgânica, com potencial de utilização como combustível; Reduzida frequência de limpeza; baixa demanda de área construída; e ainda é esteticamente mais agradável. (JORDÃO, 2005)<sup>44</sup>

Segundo a literatura a disposição final do lodo pode ser feita em aterros sanitários, juntamente com o lixo urbano, em incineradores e na restauração de terras (controle de voçorocas). (JORDÃO, 2005)<sup>44</sup>

Vale salientar, que os lodos são ricos em: matéria orgânica, N, P e outros micronutrientes. Existe, portanto, a alternativa de seu aproveitamento agrícola - aplicação direta no solo, uso em áreas de reflorestamento e produção de composto orgânico.

Sendo assim, a opção tecnológica para o tratamento e disposição do lodo deve ser adequada ao destino que pode ser dado. Pois para sua utilização na agricultura, por exemplo, deve-se ter cuidado com as concentrações remanescentes de alguns microorganismos patogênicos que podem causar risco à saúde da população.

Nesse sentido, é importante que se saiba que foram estabelecidos pela Resolução CONAMA N° 375<sup>46</sup>, de 29 de agosto de 2006, os critérios e procedimentos de produção; acondicionamento; compra; venda; cessão; empréstimo ou permuta do lodo de esgoto proveniente de ETEs e seus produtos derivados. O principal objetivo é o uso em áreas agrícolas, garantindo a proteção do meio ambiente e a saúde da população.

A partir dessa resolução, para a utilização do lodo de ETEs e seus derivados devem ser criadas as Unidades de Gerenciamento de Lodo – UGL, definidas como: “unidades responsáveis pelo recebimento, processamento, caracterização, transporte, destinação do lodo de esgoto produzido por uma ou mais estações de tratamento de esgoto sanitário e monitoramento dos efeitos ambientais, agrônômicos e sanitários de sua aplicação em área agrícola”. (art. 1º, XXII, da Resolução CONAMA N° 375<sup>46</sup>)

É exigido o licenciamento ambiental da UGL, nos moldes da Resolução CONAMA 237/97<sup>47</sup>, devendo ainda, ser previstos mecanismos de prestação de informações à população da localidade em que será utilizado o lodo de esgoto ou produto derivado a respeito dos benefícios e riscos, bem como dos critérios de aplicação e os procedimentos para evitar a contaminação das pessoas e do meio ambiente. (art. 9º, § 1º, 2º e 3º, da Resolução CONAMA N° 375<sup>46</sup>)

Os lodos de esgotos e seus derivados são divididos em classes de acordo com a concentração de microorganismos patogênicos, sendo estabelecidos os tipos de culturas e a forma de manejo de acordo com as classes, que são:

- Classe A - Coliformes Termotolerantes  $<10^3$  NMP / g de ST; Ovos viáveis de helmintos  $< 0,25$  ovo / g de ST; *Salmonella* ausência em 10 g de ST e Vírus  $< 0,25$  UFP ou UFF / g de ST.
- Classe B - Coliformes Termotolerantes  $<10^6$  NMP / g de ST; Ovos viáveis de helmintos  $< 10$  ovos / g de ST

Sendo:

ST: Sólidos Totais

NMP: Número Mais Provável

UFF: Unidade Formadora de Foco

UFP: Unidade Formadora de Placa

E ainda que “*decorridos 5 anos a partir da data de publicação desta Resolução, somente será permitida a aplicação de lodo de esgoto ou produto derivado classe A, exceto sejam propostos novos critérios ou limites baseados em estudos de avaliação de risco e dados epidemiológicos nacionais, que demonstrem a segurança do uso do lodo de esgoto Classe B*”. (art. 11, §1º, da Resolução CONAMA Nº 375<sup>46</sup>)

São delimitadas as culturas aptas a receberem o lodo de esgoto e seus derivados, de acordo com as classes estabelecidas (art. 12, da Resolução CONAMA Nº 375<sup>46</sup>). Sendo, sua aplicação condicionada à elaboração de um plano agrônômico, de forma a atender os critérios estabelecidos (art. 16, da Resolução CONAMA Nº 375<sup>46</sup>).

Também são definidas as áreas onde não serão permitidas a aplicação do lodo de esgotos e seus derivados, em função das restrições locais e da aptidão dos solos nas áreas de aplicação, como: (art. 15, da Resolução CONAMA Nº 375<sup>46</sup>)

- I - em unidades de conservação, com exceção das Áreas de Proteção Ambiental- APA;
- II - em Área de Preservação Permanente- APP;
- III - em Áreas de Proteção aos Mananciais- APMs definidas por legislações estaduais e municipais e em outras áreas de captação de água para abastecimento público, a critério do órgão ambiental competente; entre outras.

O monitoramento das áreas de aplicação deve ser feito por órgão ambiental componente do Sistema Nacional do Meio Ambiente- SISNAMA, (art. 21, da Resolução CONAMA Nº 375<sup>46</sup>)

Devendo ser acompanhado por um grupo, que será criado sob responsabilidade do MMA, que se reunirá anualmente, para produzir um relatório contendo recomendações que visem o aperfeiçoamento dessa Resolução, sendo composto por um representante e seu respectivo suplente dos seguintes órgãos: (art. 29, da Resolução CONAMA Nº 375<sup>46</sup>)

- I - saúde;
- II - agricultura;
- III - meio ambiente;
- IV - planejamento territorial das diferentes esferas de governo;
- V - de instituições de pesquisa e de ensino;
- VI - dos geradores de lodo de esgoto ou produto derivado;
- VII - das UGLs;

VIII - das entidades representativas dos órgãos estaduais de meio ambiente;

IX - dos órgãos municipais de meio ambiente; e

X - das organizações não governamentais de meio ambiente.

Conforme o (art. 30, da Resolução CONAMA Nº 375<sup>46</sup>) “O não cumprimento do disposto nesta Resolução sujeitará os infratores, entre outras, às penalidades e sanções, respectivamente, previstas na Lei Nº 9.605<sup>48</sup>, de 12 de fevereiro de 1998, e no Decreto Nº 3.179, de 21 de setembro de 1999”.

### 5.3 Reuso do Efluente Líquido

O aumento da demanda de água e a poluição dos mananciais têm despertado a preocupação de vários setores da sociedade, que vêm se mobilizando para tentar garantir uma relação mais harmônica entre as atividades e os recursos hídricos. Para auxiliar na solução do problema, diversos trabalhos buscam propor diretrizes e promover maior conhecimento a respeito das possibilidades de reutilização dos efluentes domésticos tratados pelos sistemas públicos de esgotamento sanitário.

O reuso de efluentes pode ocorrer em fins potáveis e não potáveis. O reuso potável incorre em altos custos e riscos à saúde pública e sua prática fica condicionada a situações de extrema escassez.

Dentre as principais formas de reuso de águas residuárias em fins não potáveis destacam-se: (HESPANHOL, 2003)<sup>49</sup>

- Reuso na Agricultura – caracterizado pela utilização de efluentes domésticos na irrigação de plantas comestíveis ou não (salienta-se que no grupo de plantas faz-se uma subdivisão entre as consumidas cruas ou cozidas, visto que em cada grupo são definidos os parâmetros de qualidade associados ao risco inerente de cada uso) ;
- Reuso Urbano – caracterizado pela utilização de efluentes domésticos tratados para suprir as várias atividades urbanas que admitem qualidade inferior à potável. Dentre elas cabe citar: prevenção de incêndios, descarga de aparelhos sanitários, lavagem de ruas, ônibus, praças, etc., irrigação de parques, jardins, e campos esportivos;
- Reuso Industrial – ocorrendo quando os efluentes tratados são utilizados em atividades industriais. São exemplos: torres de resfriamento, lavagem de equipamentos e pátios e águas de processamento;

- Reuso Recreativo – ocorrendo quando o efluente é utilizado para abastecer locais destinados à recreação pública. São exemplos: lagos, rios e reservatórios.
- Aqüicultura – esta forma de reuso fundamenta-se na utilização dos efluentes de ETE e seus nutrientes para produção de peixes e plantas aquáticas com vistas à produção de alimentos e/ou energia.
- Paisagísticos – esta forma de reuso é caracterizada pela utilização de efluentes na manutenção de: espelhos d’água, chafarizes, etc.
- Recarga de aquíferos – caracterizado pela utilização de efluentes domésticos tratados para recarga artificial de aquíferos.
- Manutenção de vazão dos cursos d’água – baseada na utilização de efluentes domésticos tratados na manutenção de vazão mínima em tempos de seca ou vazão ecológica, garantindo vazão para diluição de cargas poluidoras, manutenção da vida aquática e/ou condições de navegabilidade.

O uso de esgotos tratados e não tratados, em conservação paisagística e na agricultura, é comum em Israel, Emirados Árabes Unidos, no Omã, em Baharein, no Egito, na Jordânia, na Síria, na Tunísia, na Índia, na China entre outros. Diversas experiências mundiais apontam para a prática da utilização de esgotos tratados, principalmente, na agricultura. (ROQUE, 1996)<sup>17</sup>

O reuso de águas servidas na agricultura e em sistemas de aqüicultura são os mais praticados em todo mundo. Esse autor relata que estudos têm apresentado resultados convincentes, em termos de benefícios diretos (econômicos) e indiretos, tais como incremento do nível nutricional e a melhoria das condições de vida das populações mais pobres, pelo aumento da produção de alimentos e a redução de danos ambientais. (HESPANHOL, 2003)<sup>49</sup>

Entre as diversas experiências mundiais destaca-se a série de estudos promovidos e difundidos pela OMS desde 1973, intitulado “*Reuso de Efluentes: Métodos de Tratamento de Águas Residuárias e Proteção da Saúde Pública*”. Essa norma visava orientar o uso racional de águas residuárias e excretas na agricultura e em aqüicultura, para garantia da saúde pública. Posteriormente, esse documento foi revisado em virtude do avanço em estudos epidemiológicos, sendo editado em 1989, o “*Guia de Uso de Águas Residuárias na Agricultura e em Aqüicultura*”, com diversas contribuições e adaptações feitas em muitos países.

A terceira edição denominada “*Guia para Usos Seguros de Águas Residuárias, Excretas e Águas Cinza*”, foi disposta nos seguintes volumes: Volume I – Aspectos Regulatórios e Políticos; o Volume II – O Uso de Águas Residuárias na Agricultura; o Volume III – O Uso de Águas Residuárias e Excreta na Aqüicultura; e o Volume IV – O Uso de Águas Cinza e Excretas na Agricultura.



Esse importante trabalho reflete sobre os riscos contemporâneos para o uso seguro de águas residuárias em sistemas agrícolas e de aquíicultura, baseado em novas evidências em saúde. (W.H.O., 2006)<sup>40</sup>

Segundo essas recomendações o uso de efluentes tratados na agricultura e em aquíicultura devem ser considerados como um método que combina a reciclagem de água e nutrientes, com o objetivo de garantir a segurança alimentar e a nutrição das famílias, além de contribuir com efeitos ambientais positivos através da recarga de aquíferos e reposição de nutrientes no solo.

No Brasil, diversas políticas estão sendo promovidas para minorar a degradação dos corpos hídricos. Nesse sentido, o reuso de água passa a se constituir em instrumento adicional para a gestão dos recursos hídricos nos comitês de bacias hidrográficas.

As águas de baixa qualidade tais como esgotos domésticos e industriais, águas de drenagem e águas salobras passam a ser consideradas como partes integrantes dos recursos hídricos disponíveis em cada bacia hidrográfica. Então, deve ser analisada a sua utilização para fins benéficos correspondentes aos níveis de qualidade que apresentam, ou serem estabelecidos os níveis de tratamento economicamente compatíveis com os usos a que se destinarem.

Estudos apontam que no Brasil *“A utilização de efluentes que foram submetidos a sistemas de tratamento de esgotos tem tido uma grande inércia para sua popularização, apesar do potencial elevado destas alternativas”*, e esclarece: *“Há uma natural grande preocupação com relação aos patogênicos e às culturas cultivadas, mas esquece-se que os nossos esgotos, mesmo quando tratados, estão sendo lançados nos corpos d’água com elevados teores de coliformes, e que estes corpos d’água podem ser utilizados, a jusante, para abastecimento d’água empregando Estações de Tratamento de Águas- ETA pouco eficientes ou mesmo para a irrigação sem controle. Deve-se ressaltar que, além de um certo preconceito, ainda há em nosso meio um grande desconhecimento com relação às técnicas de disposição no solo e reuso de efluentes.”* (NETO, 1997)<sup>14</sup>

Apesar da utilização de águas residuárias não se constituir ainda, explicitamente, em prática integrante dos mecanismos atuais de gestão de recursos hídricos em nível nacional, pode-se perceber em algumas diretrizes políticas alguma possibilidade de mudança de postura.

Nesse sentido, deve ser ressaltada a contribuição da Política Nacional de Recursos Hídricos- PNRH, quando estabelece diretrizes para o seu melhor aproveitamento.

Dentre os instrumentos da Lei 9.433/97<sup>50</sup>, destacam-se a outorga pelo direito de uso e a cobrança correspondente, como poderosos indutores da racionalização do uso de água, podendo contemplar medidas de redução do consumo e também práticas de reuso.

Na Lei de Saneamento Básico, Lei nº 11.445/07<sup>3</sup>, a prática de reuso só aparece relacionada ao manejo de resíduos sólidos (art. 7º, II). Sendo ressaltada apenas a competência da autoridade ambiental no estabelecimento de metas progressivas de qualidade dos efluentes de unidades de tratamento de esgotos sanitários. (art. 44, § 2º).

A primeira regulamentação que tratou de reuso da água no Brasil foi a norma técnica NBR 13969<sup>51</sup> de setembro de 1997. Estabelecendo uma opção à destinação de esgotos de origem essencialmente domésticas ou com características similares.

São discriminadas quatro classes de reuso e seus respectivos padrões de qualidade, sendo descritos no quadro 5.

**QUADRO 5: Padrões de Qualidade para Águas de Reuso, Segundo a NBR 13969/97<sup>51</sup>**

Água de Reuso	Aplicações	Padrões de Qualidade
Classe 1	Lavagem de carros e outros usos com contato direto com o usuário	Turbidez < 5 Ut Coliformes Termotolerantes < 200 NMP/100 ml Sólidos Dissolvidos Totais < 200 mg/L pH entre 6 e 8 Cloro residual entre 0,5 mg/L a 1,5 mg/L
Classe 2	Lavagem de pisos, calçadas e irrigação de jardins, manutenção de lagos e canais paisagísticos, exceto chafarizes.	Turbidez < 5 uT Coliformes Termotolerantes < 500 NMP/100 ml Cloro residual superior a 0,5 mg/L
Classe 3	Descargas em vasos sanitários.	Turbidez < 10 uT Coliformes Termotolerantes < 500 NMP/100 ml
Classe 4	Irrigação de pomares, cereais, forragens, pastagem para gados e outros cultivos através de escoamento superficial ou por sistema de irrigação pontual.	Coliformes Termotolerantes < 5000 NMP/100 ml Oxigênio dissolvido > 2,0 mg/L

FONTE: (FONSECA, A. R. 2008) - Adaptado de: NBR 13969/1997<sup>51</sup>

Recentemente, o Conselho Nacional de Recursos Hídricos- CNRH publicou a Resolução Nº 54<sup>52</sup>, de 28 de novembro de 2005, estabelecendo os critérios gerais para a prática de reuso direto não potável de água, abrangendo as modalidades:

- Reuso para fins urbanos;
- Reuso para fins agrícolas e florestais;
- Reuso para fins ambientais;
- Reuso para fins industriais;
- Reuso na aquíicultura.

A Resolução Nº 54/05<sup>52</sup> ainda aguarda ser regulamentada, onde deverão ser definidas as diretrizes, critérios e parâmetros específicos para cada modalidade de reuso. Pois para viabilizar a aplicação da prática de reuso de água de modo adequado, devem ser identificadas às qualidades mínimas da água, necessárias para cada tipo de utilização. Determina que os órgãos do SNRH (art. 4º), principalmente, os Comitês de Bacia Hidrográfica (art. 8º), deverão fazer avaliações dos efeitos das práticas de reuso sobre os corpos hídricos, estabelecendo instrumentos regulatórios, de cobrança e de incentivos a práticas de reuso, através dos recursos obtidos. E que os Planos de Recursos Hídricos deverão contemplar estudos e alternativas, para utilização de água de reuso e, ainda, seus efeitos sobre a disponibilidade hídrica. (art. 6º)

Essas informações deverão ser incorporadas aos Sistemas de Informação sobre Recursos Hídricos- SIRH, disseminando aspectos relacionados às praticas de reuso, para o gerenciamento dos recursos hídricos.

Outro ponto importante é que as opções de reuso, não devem desconsiderar a opção de redução do consumo de água. Nesse sentido, práticas de reuso e de minimização da geração de efluentes, em associação às práticas conservacionistas são condições-chave para melhorar a gestão dos recursos hídricos e para redução da poluição.

Portanto, é necessário levar em conta os principais condicionantes, benefícios e limitações que essas práticas possuem, tanto para que não sejam criadas expectativas fantasiosas sobre o tema, como soluções de fácil implementação e resultados imediatos, quanto para que não se adotem essas medidas sem as precauções necessárias para a preservação da integridade de usuários, operadores, de bens e de equipamentos.

#### **5.4 Reutilização Urbana**

Os principais usos urbanos são a irrigação de parques públicos; centros de recreação; campos de futebol; limpeza de calçadas e ruas; composição paisagística; espelhos d'água; combate a incêndio; descargas de mictórios em prédios industriais e comerciais. (HESPANHOL, 1997)<sup>49</sup>

A desvantagem do reuso de água não potável em áreas urbanas se deve aos altos custos que envolvem a construção de redes de canalização duplas, para separação das águas de reuso, da potável. Porém, essas dificuldades operacionais precisam devidamente consideradas, tendo em vista os benefícios de conservação de água potável.

#### **5.5 Reutilização Industrial**

Atualmente, a prática de reuso tem se destacado em sistemas industriais, sendo que as opções se concentram: no reuso da água que constitui os efluentes gerados na própria indústria; no aproveitamento de águas pluviais de telhados ou pátios internos e, eventualmente, no reforço das águas subterrâneas por meio de recarga artificial dos aquíferos subjacentes à própria indústria com efluentes industriais controlados e adequadamente tratados.

Também tem crescido o uso de águas residuárias de tratamento de esgotos para fins industriais, especificamente em torres de resfriamento. No entanto, demandam de sistemas de tratamento adequados, devido a problemas de incrustações, formação de algas, fungos e bactérias, podendo causar a obstrução dos trocadores de calor. (SILVA, 1979)<sup>53</sup>

## 5.6 Reuso na Agricultura

Com relação aos riscos para a saúde causados pelo uso de efluentes de estações de tratamento de esgotos, em atividades agrícolas, estudos apontam que é possível estabelecer três amplas categorias que podem ser afetadas: riscos aos consumidores; riscos para os trabalhadores e riscos para a população do entorno.

Os riscos aos consumidores são referentes à irrigação de quaisquer tipos de culturas, com efluente de reuso, sem quaisquer parâmetros de qualidade microbiológica e parasitológica, podendo também afetar os trabalhadores e as populações do entorno.

No caso em que se limitam certos cultivos, tais como: produtos consumidos cozidos, se evita os riscos ao consumidor, porém não para o trabalhador e as comunidades vizinhas.

A fim de proteger a saúde pública, precisam ser estabelecidas adequadas normas microbiológicas e parasitológicas que garantam a qualidade das águas de reuso destinadas para irrigação.

Desse modo, nos anos de 1960, quando dominava o enfoque microbiológico referente aos riscos para a saúde, os esforços se concentravam na consideração dos riscos potenciais e não nos riscos efetivos. Para atender a essas diretrizes as normas para reuso de águas servidas na agricultura quase correspondiam a normas de qualidade para água potável, sendo estabelecidos para as águas de reuso uma concentração de patógenos ( $\leq 2.2$  coliformes/100ml). Esse padrão foi adotado nos Estados Unidos, no estado da Califórnia, pioneiros no planejamento de reuso de efluentes tratados para irrigação. Anos mais tarde, recomendações da OMS, para cultivos comidos crus, estabeleceram um nível menos restritivo, que se podia alcançar com a cloração depois de um tratamento convencional, correspondendo a (100 coliformes/100ml). (WHO, 2006)<sup>40</sup>

Nos anos 1980, devido à consideração de que os países subdesenvolvidos não dispunham de tratamentos avançados e de cloração das águas, esse nível também foi considerado, demasiadamente, restritivo. Foram propostas diretrizes mais realistas, principalmente, com enfoque em evidências epidemiológicas para avaliar os riscos à saúde.

Baseada em evidências epidemiológicas atuais, reformulou suas diretrizes sobre o uso de efluentes tratados de estações de tratamento de esgotos para a agricultura e aquíicultura. Pois, detectou-se que, na maioria dos países subdesenvolvidos as enfermidades eram decorrentes de helmintos intestinais. Assim, fez-se necessário aumentar o grau de eliminação desses, principalmente (Nematodos: espécies de *Ascaris*, *Trichuris* e *Ancilostomas*), passando a exigir um nível  $\leq 1$  ovo/litro, e a recomendar uma diretriz bacteriana de 1000 NMP coliformes termotolerantes/ 100 ml, para a irrigação irrestrita a todos os cultivos. Dessa forma, diversas tecnologias de tratamento poderiam ser utilizadas, pois essa concentração é considerada factível. (W.H.O., 2006)<sup>40</sup>

Com base nos modelos epidemiológicos de riscos de saúde e identificação de grupos de risco, desenvolvidos pela OMS, pode-se pensar em medidas de proteção, na forma de "barreiras" aos agentes etiológicos, entre elas, o tratamento de águas residuárias, a restrição de culturas a serem irrigadas, a seleção do método de irrigação e o controle de exposição humana.

Diante destas considerações, esta alternativa apresenta-se como mais uma solução para garantir a segurança alimentar de milhões de pessoas, o que poderia aliviar a demanda por novas fontes de água fresca. Assim, preservando a oferta de água de melhor qualidade para uso "nobre", minimizando a poluição dos recursos hídricos e proporcionando uma economia significativa de fertilizantes, mostrando-se assim uma solução sanitariamente segura, economicamente viável e ambientalmente sustentável.

## **5.7 Reuso em Aquíicultura**

O termo aquíicultura ou aquacultura refere-se ao cultivo das águas, assim como agricultura significa o cultivo do solo. Relaciona-se com o crescimento de plantas e animais em meio aquático para eventual consumo alimentar, quer seja para o homem, que para os animais. Sendo uma forma de manipulação as relações tróficas controladas pela natureza em um determinado ambiente aquático. Tendendo a uma redução da complexidade do ecossistema natural, convertidos em benefícios ao homem.

No Brasil, a aplicação de plantas aquáticas (macrófitas) em sistemas de lagoas tem sido muito utilizada como alternativas aos sistemas convencionais de tratamento de esgotos.

Diversas plantas aquáticas apresentam características que favorecem a sua utilização com o objetivo de servir como biofiltro no tratamento de efluentes, dentre as quais se destaca: o aguapé (*Eichhornia crassipe*), considerada uma espécie adequada e com grande variedade de possibilidades de utilização, proporcionando uma maneira, não só econômica, como ecológica, para o tratamento de esgotos em pequenas comunidades, lançando seus efluentes com alto padrão de qualidade, sem prejuízo aos corpos receptores.

A criação de peixes tem sido recomendada como tratamento complementar dos esgotos tratados em lagoas de estabilização, pois são capazes de reduzir a Demanda Química de Oxigênio-DQO e melhorar a relação N: P. E ainda representar uma fonte de proteínas, capazes de gerar renda e de preservar o meio ambiente.

No Nordeste, destacam-se os esforços de alguns órgãos e empresas vinculados ao Governo do Estado da Bahia, tais como: a Companhia de Eletrificação Rural da Bahia e a Bahia Pesca. Conta com o apoio da EMBRAPA que vêm desenvolvendo projetos de utilização de rejeitos de dessalinizadores para a criação de tilápias e o cultivo de plantas halófilas adaptadas ao ambiente salino e capazes de acumular significativas quantidades de sais.

Destaca-se a possibilidade de integração de agricultura e aquíicultura, como realizado em Papua - Nova Guiné, onde se utilizou lagoas de maturação para criação de peixes e patos e o efluente final foi usado para irrigação de culturas vegetais, desenvolvidos em leitos de pedras em lugar do solo. Esse tipo de horticultura é denominado de hidropônico, esse tipo de irrigação é usualmente mais seguro, pois evita que as águas residuárias domésticas entrem em contato com nenhuma parte das plantas, ao contrário da irrigação por aspersão, de tal forma que evita a contaminação de alimentos que são consumidos crus. (SILVA, 1979)<sup>53</sup>

## 5.8 Uso do Biogás

Até pouco tempo, o biogás era simplesmente conhecido como um sub-produto obtido a partir da decomposição anaeróbia de lixo urbano, resíduos animais e de estações de tratamento de efluentes domésticos.

A utilização do biogás produzido em estações de tratamento de esgotos, processados por intermédio da fermentação anaeróbia foi praticado de forma mais intensa na Índia e na China, desde as décadas de 1950 e 1960.

Com a crise do petróleo de 1973, o Brasil importou a tecnologia da digestão anaeróbia. Algumas experiências foram implantadas na região Nordeste, porém não houve a continuidade do programa, comprometendo seus benefícios. (EMBRATER, 1980)<sup>54</sup>

Biogás, ou gás metano, é um gás incolor, altamente combustível, que produz chama azul-clara e queima com um mínimo de poluição. É o produto final da fermentação anaeróbica de dejetos animais, de resíduos vegetais e de lixo residencial e industrial, em condições adequadas de umidade.

É uma mistura gasosa combustível, de alto poder calorífico, composta basicamente de dois gases, o metano-  $\text{CH}_4$ , que representa 60-70% restantes da mistura, e o gás carbônico-  $\text{CO}_2$  que representa os 40-30% restantes. Outros gases (N, H- hidrogênio e gás sulfídrico-  $\text{H}_2\text{S}$ ) participaram da mistura em proporções menores. A qualidade do biogás é uma função da percentagem de metano da mistura. Quanto maior for à percentagem de metano, melhor será o biogás.

Atualmente inúmeros estudos apontam para o aproveitamento racional do biogás, destacando-se sua utilização para geração de energia elétrica, além do uso como gás doméstico, industrial ou combustível para veículos. (PECORA, 2006)<sup>55</sup>

Esse uso é possível em função da porcentagem com que o metano participa na composição do biogás, podendo o poder calorífico variar de 5.000 a 7.000 kcal por metro cúbico. Esse poder calorífico pode chegar a 12.000 kcal por metro cúbico se for eliminado todo o gás carbônico da mistura.



Traduzindo em termos práticos, a relação comparativa de equivalência de 1 metro cúbico de biogás com os combustíveis usuais corresponde a: (PECORA, 2006)<sup>55</sup>

0,61 litros de gasolina  
 0,57 litros de querosene  
 0,55 litros de óleo diesel  
 0,45 kg de gás liquefeito  
 0,79 litros de álcool combustível  
 1,538 kg de lenha  
 1,428 kwh de energia elétrica

Para uma família de 5 (cinco) pessoas em termos de uso caseiro são necessários:

Para a cozinha	2,10 m <sup>3</sup>
Para iluminação	0,63 m <sup>3</sup>
Para geladeira	2,20 m <sup>3</sup>
Para banho quente	4,00 m <sup>3</sup>
Total de biogás necessário	8,93 m <sup>3</sup> (por dia)

FONTE: (EMBRATER, 1981)

Essa quantidade de gás corresponde a ¼ de um bujão de gás de 13 kg e pode ser obtida com a produção de esterco de 20 a 24 bovinos, no caso de áreas rurais. (EMBRATER, 1981)<sup>56</sup>

Para utilização do biogás produzido em pequenas ETes em áreas urbanas, estimou-se a produção em um condomínio popular com cerca de 50 residências. Considerando que cada residência seja habitada por 5 pessoas, e que cada uma produz cerca de 0,16 m<sup>3</sup>/dia de esgoto, estimou-se que o esgoto gerado por cada ser humano quando tratado anaerobiamente de forma adequada é capaz de gerar 0,017 m<sup>3</sup>/dia de biogás, e sabendo-se que para cada 1m<sup>3</sup> de biogás é composta de 70% de CH<sub>4</sub> e 30% de CO<sub>2</sub>. Deduz-se que podem ser produzidos 6,0 kWh de energia elétrica.

Para uma população de cerca de 250 habitantes, chega-se aos seguintes valores: (PÖNITZ & WERNER, 2004)<sup>57</sup>

- 1) uma vazão de cerca de 40m<sup>3</sup>/dia de biogás;
- 2) uma produção de cerca de 4,25m<sup>3</sup>/dia de biogás;
- 3) uma produção de cerca de 25,5 kWh/dia de eletricidade, ou uma capacidade pouco inferior a 1kw.

A partir desses dados, considera-se que é possível sanear o esgoto e gerar energia elétrica através do tratamento anaeróbio de condomínios.

Outro importante estudo a respeito da utilização energética do biogás foi realizado em 2001, através de um convênio entre a Companhia de Saneamento Básico do Estado de São Paulo- SABESP, o IEE- Instituto de Eletrotécnica e Energia da Universidade de São Paulo- USP e o Centro Nacional de Referência em Biomassa- CENBIO. (COURA, 2003)<sup>58</sup>

Foram realizados estudos na geração de energia elétrica a partir do biogás produzida no processo de digestão do lodo da ETE Barueri. Estimou-se pela quantidade e qualidade do gás gerado na ETE Barueri, 22.000 m<sup>3</sup>/ dia e 64 % de metano, o potencial de geração é de 2,6 MW, que seria garantindo o fornecimento de uma energia de 1.600 MWh/mês, 20 GWh/ano, o que representa 30% do consumo total da ETE. Foi instalada uma microturbina com capacidade de 30 kW para avaliação desta tecnologia, considerando que a potência de até 100 kW é compatível com instalações de tratamento de esgoto pelo processo anaeróbio de pequeno porte. (COURA, 2003)<sup>58</sup>

Espera-se com isso obter além do aproveitamento energético do biogás para geração de energia elétrica e calor, para manter a temperatura nos biodigestores, garantindo assim a qualidade do processo. Constatar a adequação dessa solução, e integrar esta alternativa no processo de tratamento anaeróbio, tornando-o mais competitivo para atender pequenas comunidades.

Para que a utilização dos subprodutos do esgoto se transforme em uma realidade é necessária uma ampla articulação multistitucional e multidisciplinar, sendo fundamental a participação dos usuários, das prefeituras, companhias de saneamento e fornecedoras de equipamentos. Tal articulação seria importante para se desenvolver projetos que promovam cadeias produtivas relacionadas ao aproveitamento dos subprodutos dos esgotos tratados.

Com relação aos tipos de tratamento que seriam utilizados, dependeria do grau de tratamento desejado, das condições geomorfológicas das áreas beneficiadas e da colaboração dos atores intervenientes. Para tanto as tecnologias utilizadas precisariam ser amigáveis ao contexto que estaria inserido, a fim de favorecer sua aplicação, com segurança do ponto de vista sanitário, econômico e ambiental.

Assim, serão brevemente apresentados alguns tipos de tratamento, já amplamente conhecidos no Brasil, para demonstrar esse “espírito” de mudanças que vem se desenvolvendo em relação ao manejo dos esgotos. De fato, muito já se evoluiu enquanto ao aspecto tecnológico, demandando agora estimular o componente social, para alavancar os índices de cobertura por esses serviços, melhorando a qualidade de vida das pessoas e do meio ambiente.

## **CAPÍTULO 6 ABORDAGENS TECNOLÓGICAS PARA TRATAMENTO DE ESGOTOS DOMÉSTICOS**

Historicamente, a preocupação com o tratamento de esgotos decorria da necessidade de solucionar problemas estéticos, de conforto, de incomodidade. (KLIGERMAN, 1995)<sup>16</sup>

Com a compreensão de que a contaminação das águas por lançamento de dejetos resultava em perigos especiais para a saúde dos indivíduos, observou-se a criação e difusão de diferentes sistemas com características bastante diversas, como solução para o que se denominou “Problema Sanitário”. (KLIGERMAN, 1995)<sup>16</sup>

Mais recentemente, como parte da estratégia do desenvolvimento sustentável, o objetivo dos processos de tratamento de esgotos, de modo geral, passou a ser a adequação do lançamento do efluente tratado a um padrão de qualidade desejado, estabelecido por uma norma, de forma a compatibilizá-lo às condições do corpo hídrico que irá recebê-lo. (ROQUE, 1996)<sup>17</sup>

No Brasil, é a Resolução CONAMA Nº 357/05<sup>29</sup>, modificado pela Resolução CONAMA Nº 397/08<sup>30</sup>, que estabelece a classificação dos corpos hídricos e os parâmetros de lançamento de efluentes em todo o território nacional. Cabendo aos órgãos de controle ambiental fiscalizar se os efluentes lançados estão compatíveis com as características do corpo hídrico que irá recebê-lo.

Atualmente, em função do agravamento das questões de poluição ambiental e de escassez de água potável, cada vez mais se têm chamado a atenção para processos de tratamento de esgotos que tenham enfoques diferenciados, principalmente, pela valorização de técnicas que intensifiquem a reutilização dos efluentes líquidos e sólidos e orientem para perspectivas de maior protagonismo social.

Portanto, pretende-se abordar os padrões tecnológicos que lidam, especificamente, com o problema do tratamento de esgotos domésticos de amplo emprego no país.

Devido ao grande número de opções tecnológicas disponíveis, serão agrupadas três alternativas tecnológicas diferentes, para facilitar a compreensão das suas características. A primeira é conceituada de Tecnologias Convencionais, que empregam técnicas de maior complexidade, e que tem sido dominantes.

Posteriormente será apresentado outro elenco de tecnologias já consolidadas no mundo inteiro, que podem ser conceituadas de Tecnologias Simplificadas ou Apropriadas, pois sua aplicação e uso pressupõem a escolha tecnicamente mais correta, culturalmente aceitáveis e economicamente viáveis.

Tais soluções são legítimas, especialmente quando muitas municipalidades não têm capacidades para oferecer serviços caros de drenagem e tratamento de esgoto, mesmo em suas versões mais econômicas e baratas. Essa realidade é ainda mais crítica em áreas urbanas com geografia montanhosa ou rochosa e também nas áreas com graves problemas de abastecimento de água. Coloca-se como desafio para esse tipo de solução fornecer informações em escala real para fornecer subsídios às Instituições públicas de modo a criarem incentivos municipais para àqueles que adotem essas tecnologias.

Entretanto, não é objeto desta dissertação, divagar sobre características específicas de cada uma das opções tecnológicas em cada abordagem, mas introduzir as questões de maneira satisfatória. Maiores detalhes sobre os assuntos podem ser obtidos na vasta bibliografia especializada referenciada.

### **6.1 Características das Tecnologias Convencionais para Tratamento de Esgotos**

Primeiramente é preciso ficar claro que não se questiona a capacidade de remoção de cargas orgânicas, de nutrientes e patógenos relacionada às Tecnologias Convencionais, e que cumprem um papel importante na proteção do meio ambiente e da saúde pública.

Entretanto, existem aspectos nos Sistemas de Tratamento de Esgotos que utilizam Tecnologias Convencionais, que podem ser questionáveis do ponto de vista econômico, social e ambiental. Para melhor entendimento dessa colocação serão apresentadas algumas reflexões sobre o conceito dessas tecnologias, já que esse termo perpassa todo o raciocínio.

As características mais marcantes são determinadas pelos mercados de alta renda dos países avançados, responsáveis por mais de 95% do que se gasta em pesquisa no mundo, e conseqüentemente, não deve ser considerada neutra. (DAGNINO, 2004)<sup>37</sup>

Em geral, as Tecnologias Convencionais são mais poupadoras de mão-de-obra do que seria conveniente, porque o lucro das empresas depende de uma constante redução da mão-de-obra incorporada ao produto, ou do tempo de trabalho socialmente necessário para produzir mercadorias. (DAGNINO, 2004)<sup>37</sup>

De um modo geral, as Tecnologias Convencionais têm as seguintes características básicas: são segmentadas, pois não permitem o controle do produtor direto; são alienantes, por não utilizar as potencialidades do produtor direto; hierarquizadas, pois demanda da figura do proprietário, do chefe, etc.; e maximizadoras da produtividade em relação à mão-de-obra ocupada; além de possuírem padrões orientados pelo mercado externo de alta renda, monopolizadas pelas grandes empresas dos países ricos. (DAGNINO, 2004)<sup>37</sup>

Outro aspecto crítico apontado, é que por serem altamente dependentes de insumos sintéticos produzidos por grandes empresas, tornam-se ambientalmente e economicamente insustentáveis. (DAGNINO, 2004)<sup>37</sup>

Em seguida, serão apresentadas as principais características de infra-estrutura para a coleta, tratamento e disposição final de esgotos que utilizam abordagem convencional.

## **6.2 Tecnologias de Tratamento de Esgotos Convencionais**

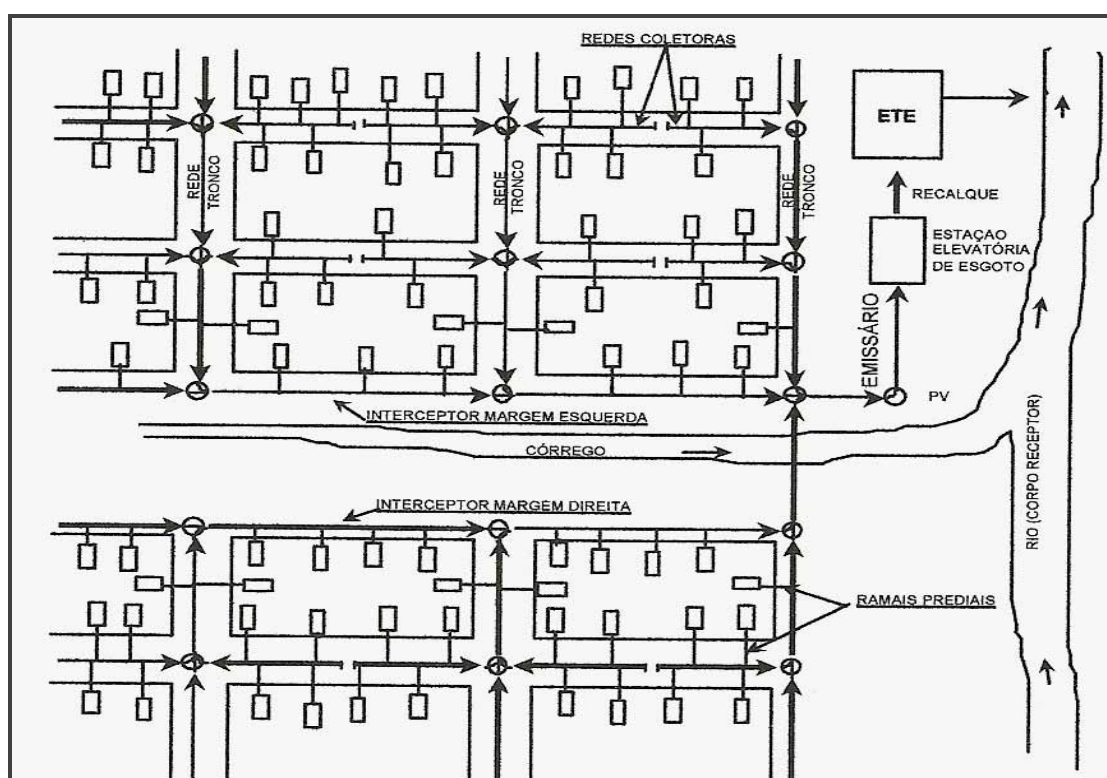
O sistema de esgotamento sanitário compreende um conjunto de obras, operações e procedimentos de manutenção destinados a propiciar: (JORDÃO, 2005)<sup>44</sup>

- Coleta, através de ligações prediais à rede coletora;
- Transporte e afastamento;
- Tratamento dos esgotos;
- Disposição final ou lançamento das águas residuárias da comunidade, de uma forma adequada do ponto de vista sanitário.

O sistema de esgoto sanitário convencional (Figura 5) tem por funções básicas coletar e conduzir os despejos provenientes do uso adequado dos aparelhos sanitários a um destino apropriado.

Por destino apropriado entende-se a disposição em rede pública de coleta de esgotos, que irá conduzir o esgoto a uma ETE ou em sistema particular de tratamento, quando não houver rede pública. (JORDÃO, 2005)<sup>44</sup>

**FIGURA 5: Desenho Esquemático de Rede Coletora Convencional**



FONTE: (FUNASA, 2004)

Essas redes coletoras públicas podem apresentar diferentes configurações, de acordo com os padrões urbanísticos de cada localidade, sendo classificados de: (BRASIL. FUNASA, 2004)<sup>8</sup>

- Sistema Unitário - Consiste na coleta de águas pluviais, dos esgotos domésticos e dos despejos industriais em um único coletor.
- Sistema Separador Absoluto - Neste sistema, o esgoto doméstico e o industrial ficam completamente separados do esgoto pluvial. É o sistema adotado no Brasil.

- Sistema Misto - A rede é projetada para receber o esgoto sanitário e mais uma parcela das águas pluviais. A coleta dessa parcela varia de um país para outro. Em alguns países colhem-se apenas as águas dos telhados; em outros, um dispositivo colocado nas bocas de lobo recolhe as águas das chuvas mínimas e limita a contribuição das chuvas de grande intensidade.

São componentes do subsistema de coleta e transporte de esgotos sanitários, conforme a norma NBR 8160/99<sup>59</sup>:

- Aparelhos Sanitários: Aparelho ligado à instalação predial e destinado ao uso de água para fins higiênicos ou a receber dejetos ou águas servidas;
- Bacia sanitária: Aparelho sanitário destinado a receber exclusivamente dejetos humanos;
- Ramal Predial: são os ramais que transportam os esgotos das casas até a rede pública de coleta;
- Coletor de Esgoto: recebem os esgotos das casas e outras edificações, transportando-os aos coletores tronco;
- Coletor Tronco: tubulação da rede coletora que recebe apenas contribuição de esgoto de outros coletores;
- Interceptor: os interceptores correm nos fundos de vale margeando cursos d'água ou canais. São responsáveis pelo transporte dos esgotos gerados na sub-bacia, evitando que os mesmos sejam lançados nos corpos d'água. Geralmente possuem diâmetros maiores que o coletor tronco em função de maior vazão;
- Poços de Visita: são câmaras cuja finalidade é permitir a inspeção e limpeza da rede;
- Emissário: são similares aos interceptores, diferenciando apenas por não receber contribuição ao longo do percurso;
- Elevatória: quando as profundidades das tubulações tornam-se demasiadamente elevadas, quer devido à baixa declividade do terreno, quer devido à necessidade de se transpor uma elevação, torna-se necessário bombear os esgotos para um nível mais elevado. A partir desse ponto, os esgotos podem voltar a fluir por gravidade;
- Estação de Tratamento de Esgotos (ETE): a finalidade da ETE é a de remover os poluentes dos esgotos, os quais viriam causar uma deterioração da qualidade dos cursos d'água. Um sistema de esgotamento sanitário só pode ser considerado completo se incluir essa etapa de tratamento;
- Disposição Final: após o tratamento, os esgotos podem ser lançados ao corpo d'água receptor ou, eventualmente, aplicados no solo. Em ambos os casos, há que se levar em conta os poluentes eventualmente ainda presentes nos esgotos tratados, especialmente organismos patogênicos e metais pesados. As tubulações que transportam estes esgotos são também denominadas emissário.



### 6.3 Estações de Tratamento de Esgoto Convencionais

O tratamento de esgotos convencional é a combinação de processos físicos e biológicos projetados para remover o material orgânico presente nos despejos. O primeiro método utilizado para tratar esgotos foi a sedimentação e os tanques sépticos através do sistema batizado como Tanques de Imhoff. Esse sistema contava com dois tanques de acumulação que possuíam uma zona de decantação na parte superior e uma zona de digestão na parte inferior. (JORDÃO, 2005)<sup>44</sup>

A sedimentação primária de esgotos domésticos tinha uma eficiência limitada, pois apenas uma pequena parte da matéria orgânica é sedimentável. Assim, iniciou-se o tratamento secundário pela adição de coagulantes para melhorar a sedimentabilidade do esgoto.

Esse processo melhorou bastante o tratamento, porém as dosagens de grandes quantidades de produtos químicos resultaram em altos custos e os substratos orgânicos solúveis não eram removidos.

Posteriormente, a observação de que a passagem lenta de esgoto, através de uma camada de pedras reduzia rapidamente o material orgânico, foi o primeiro ensaio de tratamento de esgotos a nível secundário. Este processo foi chamado de filtro biológico e foi desenvolvido para instalações municipais em 1910. (JORDÃO, 2005)<sup>44</sup>

O segundo maior avanço no tratamento biológico se deu quando foi observado que os sólidos biológicos, desenvolvidos em águas poluídas floculavam como colóides orgânicos. Essa massa microbiológica, denominada de lodo ativado, rapidamente metabolizava os poluentes da solução e podiam ser subseqüentemente removidos pela sedimentação por gravidade, assim o processo de lodo ativado começou a se desenvolver em 1914 por pesquisadores ingleses. A primeira ETE foi a de Salford com capacidade para tratar 303 m<sup>3</sup>/d. Em 1916 foi inaugurada nos Estados Unidos a ETE San Marcos, localizada no Texas, com capacidade para tratar 454 m<sup>3</sup>/d; dez anos depois, em 1927, a ETE de Chicago North, também nos Estados Unidos consagra o processo de lodos ativados tratando 7,5 m<sup>3</sup>/s. (JORDÃO, 2005)<sup>44</sup>

No último século, com o avanço da tecnologia, surgiu uma enorme variedade de alternativas para o tratamento de esgotos, buscando sempre a sustentabilidade dos sistemas guiados por parâmetros econômicos, sociais e ecológicos. Muitas tecnologias são, na verdade, variantes de processos convencionais que se beneficiaram da criação de novos materiais e produtos. É interessante observar, no fluxograma abaixo, que uma tendência atual é a da crescente preocupação com o reuso dos efluentes. (Fluxograma 4)

**FLUXOGRAMA 4: Linha do Tempo dos Avanços Tecnológicos em Tratamento de Esgotos**



FONTE: (FONSECA, A. R. 2008) - Adaptado de: (SANT'ANNA Jr, 2006)<sup>60</sup>

Para alcançar maiores eficiências no tratamento do esgoto e facilitar sua manutenção, a construção das Estações de Tratamento de Esgotos Convencionais inclui uma série de equipamentos. Estes se conjugam para remoção ou transformação das substâncias indesejadas.

As ETEs são formadas por um conjunto de unidades de tratamento, equipamentos, órgãos auxiliares, acessórios e sistemas de utilidades, cuja finalidade é a redução das cargas poluidoras do esgoto sanitário e condicionamento da matéria residual resultante do tratamento. (NBR 12209/90)<sup>61</sup>

Cada processo unitário em uma ETE pode ser classificado em função da eficiência de redução de carga poluidora promovida, como: (ROQUE, 1996)<sup>17</sup>

- Tratamento Preliminar - tem a finalidade de separação das partículas sólidas, presentes no esgoto, podendo incluir: a) gradeamento – para remoção de sólidos grosseiros, como latas, papelão e plásticos; b) desarenadores - para remoção de sólidos sedimentáveis como areia;
- Tratamento Primário – tem como objetivo a retirada de sólidos em suspensão orgânicos por meios físicos. Sendo composto basicamente por: a) decantador primário, onde ocorre a sedimentação de partículas de forma flocculenta; b) digestores e; c) leito de secagem;
- Tratamento Secundário – visa o tratamento da fase líquida oriunda do decantador primário, para remoção de matéria orgânica dissolvida ou não, utilizando processos físico- químicos ou biológicos. Alguns sistemas são acrescidos de uma etapa final, a desinfecção, para eliminação dos microorganismos presentes no efluente. O agente desinfetante mais utilizado é o cloro, utilizado na forma de diferentes compostos: cloro gasoso, hipoclorito de cálcio e hipoclorito de sódio;
- Tratamento Terciário – Após o tratamento secundário os efluentes ainda se encontram ricos em nutrientes e podem causar a eutrofização de reservatórios de água. , Portanto, essa etapa visa remover poluentes específicos não removidos na fase secundária, tais como produtos tóxicos ou compostos não biodegradáveis, e ainda, sais minerais dissolvidos (ex. nitratos e fósforo). Desse modo, busca-se alcançar níveis de qualidade extremamente restritivos, exigidos pelas legislações ambientais. No Brasil, devido ao seu alto custo tem sido pouco empregada. São exemplos de tratamentos terciários: Precipitação química (de fosfatos e outros compostos); Troca iônica (removem nitratos, fosfatos, cloretos); Filtração em leito de carvão ativado (aumenta a remoção de sólidos em suspensão e remove matéria orgânica não biodegradável) e Flotação (para remoção de espuma. Ex.: detergentes).

Atualmente, o desenvolvimento tecnológico no tratamento de esgotos está concentrado, principalmente, nas etapas secundárias e posteriores. Sendo uma das tendências verificadas, o aumento na dependência de equipamentos em detrimento do uso de produtos químicos para tratamento. (JORDÃO, 2005)<sup>44</sup>

Busca-se, nesses casos, acelerar os processos de depuração, aumentar a eficiência das reações e reduzir os espaços utilizados para sua construção. (JORDÃO, 2005)<sup>44</sup>

Dentre os tratamentos convencionais, os que utilizam processos biológicos aeróbios são os que encontraram maior aceitação no Brasil, os principais são: processo de “Lodos Ativados” e a “Filtração Biológica”. (ROQUE, 1996)<sup>17</sup>

O processo de “Lodos Ativados” foi o mais empregado, em função de serem facilmente projetados e pela eficiência na remoção de cargas orgânicas (DBO) podendo alcançar taxas de 85 a 98% e de eliminação de patogênicos de 60 a 90%. (ROQUE, 1996)<sup>17</sup>

Tais sistemas podem operar continuamente ou de forma intermitente, e quase não produzem maus odores, insetos ou vermes. A instalação envolve a necessidade de diversos equipamentos (aeradores, elevatórias de recirculação, raspadores de lodo, misturador de digestor, etc.). (ROQUE, 1996)<sup>17</sup>

Devido ao grau de mecanização, seu custo de implantação é bastante elevado. Também apresentam altos custos operacionais, graças ao consumo de energia para movimentação dos equipamentos. Além disso, devido à grande produção de lodo gerado, necessita de equipamentos para seu tratamento, bem como sua disposição final. (ROQUE, 1996)<sup>17</sup>

A opção pelos Filtros Biológicos- FB ou pelas Lagoas Facultativas- LF é menos freqüente, devido a alguns inconvenientes de operação. No caso dos FB, a entrada de sólidos grosseiros, pode causar entupimentos do meio suporte, demandando a paralisação do filtro para sua manutenção. Já no caso das LF, a principal questão é a exigência de áreas extensas. Porém é usual o emprego desses métodos como pós-tratamentos, com fins de aumentar a eficiência dos tratamentos a montante, como serão abordados posteriormente. (CHERNICHARO, 1997)<sup>15</sup>

A aplicação de processos anaeróbios há muito tempo têm sido para estabilização do lodo produzido pelas estações aeróbias. São utilizadas bactérias anaeróbias para processar a matéria orgânica em um ambiente ausente da presença de oxigênio.

Como resultado do processamento do lodo tem-se a formação de uma biomassa anaeróbia, e a geração do biogás, composto principalmente por metano e gás carbônico. (CHERNICHARO, 1997)<sup>15</sup>

Só recentemente foram desenvolvidas experiências utilizando o processo anaeróbio para tratamento de esgotos domésticos, devido ao aprimoramento no conhecimento da microbiologia, da bioquímica e da cinética da digestão anaeróbia. (JORDÃO, 2005)<sup>44</sup>

No Brasil, em particular, tem se difundido os reatores anaeróbios para o tratamento de esgotos, por apresentarem características favoráveis, como: baixos custos de implantação e operação, simplicidade operacional, índices mínimos de mecanização e sustentabilidade do sistema como um todo.

Por essas características, alguns autores incluem esse processo na categoria de Sistemas Simplificados.

Entretanto, tem sido comum unidades serem projetadas para receberem elevados volumes de esgotos, assumindo muitas vezes, as características das Tecnologias Convencionais, devido à complexidade construtiva e requisitos operacionais. (NETO, 1997)<sup>14</sup>; (ROQUE, 1996)<sup>17</sup>

Experiências nesse sentido podem ser observadas nos estados do Paraná, São Paulo, Minas Gerais e Brasília, como a ETE de Ataubá Sul, em Curitiba, com vazão de 1,5m<sup>3</sup>/s e a ETE Paranoá com capacidade média de 112 L/s. (JORDÃO, 2005)<sup>44</sup>

De acordo com as características apontadas pode se verificar uma articulação entre o conceito de Tecnologias Convencionais e as ETEs que utilizam esse padrão tecnológico.

Primeiramente, está a questão da centralização do tratamento. A princípio, essa característica parece ser favorável, por que pressupõe a obtenção de uma economia na compra de equipamentos e insumos, em função da escala do tratamento. Por outro lado, como a maior demanda por sistemas de tratamento ocorrem nas grandes aglomerações urbanas, a ocupação de grandes espaços em áreas de alto valor pode dificultar sua implantação, elevando os custos de sua construção, e dificultando as possibilidades de ampliação. (LETINGA, 2001)<sup>62</sup>

Outra questão referente às ETEs que utilizam as TC é que historicamente foram desenvolvidas pelos países industrializados, pouco adaptadas as condições ambientais, econômicas e sociais dos países em desenvolvimento. Assim, dominam os sistemas altamente dependentes de suprimento de energia e substâncias químicas. (LETINGA, 2001)<sup>62</sup>

Devido à sofisticação tecnológica, o processo construtivo e sua operação dependem sempre de empresas especializadas, principalmente privadas, que tem como propósito a maximização dos lucros, para os quais foram desenvolvidos, fazendo com que sua manutenção, ao longo do tempo, seja extremamente dispendiosa.

Além disso, para coleta e transporte dos esgotos, são necessários grandes volumes de água potável, sendo necessários elevados investimentos em redes coletoras e acessórios correlatos para a condução adequada dos esgotos, contribuindo para a deterioração desse recurso já escasso em todo mundo. (LETINGA, 2001)<sup>62</sup>

Em relação às redes coletoras, em função de suas características, demandam alto grau de controle e manutenção. Em regiões metropolitanas, devido à dificuldade de se assegurar a segregação dos despejos, comumente ocorrem contribuições de substâncias químicas provenientes de fontes difusas. De maneira geral, esta carga adicional se deve a existência de conexões clandestinas e da entrada de efluentes pluviais contaminados na rede pública, que ao se misturarem ao esgoto sanitário, causam sérios inconvenientes, interferindo na eficiência do tratamento. (JORDÃO, 2005)<sup>44</sup>

Também devem ser consideradas as contribuições de despejos industriais na rede pública, que devido à presença de poluentes, em particular, de metais pesados e de compostos de alta toxicidade, reduzem as condições para o reaproveitamento do lodo estabilizado para usos agrícolas, ou em áreas onde não haja riscos para a cadeia alimentar. (JORDÃO, 2005)<sup>44</sup>

Já o efluente líquido tratado, muitas das vezes não pode ser aplicado em todas as situações, em função das características do efluente gerado, que dificilmente alcançam parâmetros de lançamento usualmente presentes nas legislações brasileiras. (SPERLING, 1995)<sup>18</sup>

Deve-se ressaltar outros empecilhos relacionados à prática de reuso de efluentes, como os custos elevados para construção de sistemas duplos de distribuição e dificuldades operacionais como os custos de transporte, que podem variar de acordo com a distância entre a ETE em que foi gerado e o local onde será consumido. (HESPANHOL, 1997)<sup>49</sup>

Embora não existam dados que permitam um diagnóstico mais preciso da situação, o fato é que, a prática de reuso nos Sistemas Convencionais ainda é incipiente no Brasil demandando uma nova maneira de ver e fazer políticas públicas com o objetivo de induzir uma cultura reutilização, como uma prática benéfica em termos ambientais e de saúde pública. (NETO, 1997)<sup>14</sup>

#### **6.4 Tecnologias Simplificadas de Tratamento de Esgotos**

O conceito de “Sistemas Simplificados para Tratamento de Esgotos” surgiu ao mesmo tempo em que no país, despertou-se a consciência da necessidade de ampliação drástica da cobertura por serviços de saneamento e de que isto não poderia ser alcançado com o modelo convencional. (NETO, 1997)<sup>14</sup>

Quando se fala em Tecnologias Simplificadas para Tratamento de Esgotos, está se referindo a alguns fatores técnicos que precisaram ser adaptados, para que pudessem ser economicamente viáveis, mas sem perder de vista a eficiência sanitária, e a redução do impacto sobre o meio. (CHERNICHARO, 1997)<sup>15</sup>

Ao se fazer um estudo técnico-econômico de uma alternativa tecnológica para tratamento de esgotos deve-se procurar abranger, os seguintes requisitos principais: (SPERLING, 1995)<sup>18</sup>

- baixo custo de implantação;
- elevada sustentabilidade do sistema, relacionada a pouca dependência de fornecimento de energia, de peças e equipamentos de reposição etc;
- simplicidade operacional, de manutenção e de controle (pouca dependência de operadores e engenheiros altamente especializados);
- baixos custos operacionais;
- adequada eficiência na remoção das diversas categorias de poluentes (matéria orgânica biodegradável, sólidos suspensos, nutrientes e patogênicos);
- pouco ou nenhum problema com a disposição do lodo gerado na estação;
- baixos requisitos de área;
- existência de flexibilidade em relação às expansões futuras e ao aumento de eficiência;
- possibilidade de aplicação em pequena escala (sistemas descentralizados), com pouca dependência da existência de grandes interceptores;
- fluxograma simplificado de tratamento (poucas unidades integrando a estação);
- elevada vida útil;
- ausência de problemas que causem transtorno à população vizinha;
- possibilidade de recuperação de subprodutos úteis, visando sua aplicação na irrigação e na fertilização de culturas agrícolas;
- existência de experiência prática.

De modo geral, podem ser definidos como principais diferenças entre os sistemas convencionais e os sistemas simplificados: os custos de construção, simplicidade, custos operacionais e a sustentabilidade do sistema. Ou seja, processos menos mecanizados e mais econômicos de se implantar e operar. (NETO, 1997)<sup>14</sup>; (ROQUE, 1996)<sup>17</sup>

No campo do saneamento, isso representou uma mudança de postura sobre como as empresas prestadoras desses serviços deveriam prestá-los, passando da concepção de “*prestar serviços de saneamento a todos, desde que praticando o que convencionalmente se considera a melhor técnica*” para “*buscar a melhor técnica que possibilite prestar - com qualidade, eficiência e o mais rápido possível - serviços de saneamento a todos*”. (LOBO, 2003)<sup>63</sup>

Sendo assim, buscou-se adotar normas, processos e materiais mais adequados às condições dos municípios brasileiros. Dessa forma, foi possível oferecer soluções mais baratas, de fácil operação e manutenção, sem que se descuidasse da qualidade. (ROQUE, 1996)<sup>17</sup>

Os primeiros esforços mais consistentes na busca de alternativas tecnológicas ocorreram na década de 80, coincidindo com a instalação do processo de redemocratização do País. Deu-se o maior enfoque no barateamento dos custos construtivos.

Destacam-se as importantes contribuições do Comitê de Tecnologias de Baixo Custo da ABES, do IPT - Instituto de Pesquisa Tecnológica da USP e do TAG - Technology Advisory Group do PNUD/Banco Mundial, responsável por acompanhar e divulgar as experiências que iam se desenvolvendo em todo o país.

Uma das soluções, sob a perspectiva das alternativas tecnológicas simplificadas, foi a adaptação dos sistemas de coleta. Esses sistemas precisavam ser apropriados às condições de urbanização das comunidades de baixa renda, principalmente, em áreas de ocupação espontânea, que devido ao adensamento e às precárias condições de atendimento dos serviços públicos, resultaram em um traçado irregular das ruas. (LOBO, 2003)<sup>63</sup>

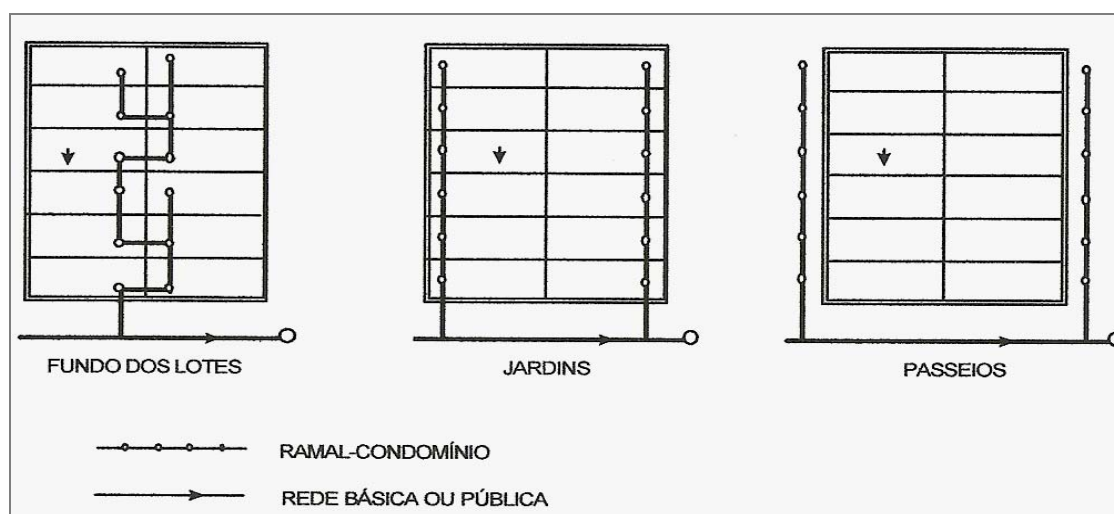
Partindo dessa compreensão e sem dispor de recursos específicos, as tecnologias foram alteradas a fim de atenderem a organização sócio-espacial das comunidades a serem servidas. Assim, foi necessário mudar a forma de implantação e os materiais utilizados, buscando meios para execução onde pudessem existir.



Então, passou-se a adotar um traçado de rede flexível, atravessando os canos de coleta no fundo dos lotes, na frente das casas, nos becos ou vielas ou combinando estas situações de acordo com as exigências do local, em vez de localizá-los nas vias públicas como no sistema público convencional. (LOBO, 2003)<sup>63</sup>

A esse modelo deu-se o nome de “Sistema Condominial” (Figura 6) em função de se agregar o quarteirão urbano com a participação comunitária, formando o condomínio, semelhante ao que ocorre num edifício de apartamentos (vertical); dele se distinguindo, todavia, por ser informal quanto à sua organização e por ser horizontal do ponto de vista físico. (BRASIL. FUNASA, 2004)<sup>8</sup>

**FIGURA 6: Desenho Esquemático dos Modelos de Rede Coletora Condominial**



FONTE: (FUNASA, 2004)

Três etapas caracterizam tecnicamente o sistema condominial, são elas: a instalação domiciliar, a rede coletora e o sistema de tratamento e de destino final. (LOBO, 2003)<sup>81</sup>

A instalação domiciliar junta as águas provenientes do banheiro, cozinha e lavanderia numa caixa de visita, localizada dentro da casa, antes de ir para a rede coletora, através de um cano de 100 milímetros.

A junção com a rede coletora, geralmente localizada nos quintais, faz-se através de uma caixa de inspeção. Essas duas caixas permitem o acesso aos canos para o bom funcionamento e a manutenção do sistema. (LOBO, 2003)<sup>63</sup>

O chamado ramal condominial recebe os esgotos de cada caixa de inspeção individual, num coletor principal (ou rede básica) - localizado na rua - que recebe os esgotos das outras quadras e segue em direção ao sistema de tratamento. O escoamento dos esgotos é feito por gravidade, com declividade mínima sem precisar de bombeamento. (LOBO, 2003)<sup>63</sup>

Esta disposição de rede permitiu uma maior adequação à topografia do terreno, devido à tubulação ser assentada superficialmente ou a 30 a 40 cm abaixo da superfície do terreno. Isso foi possível por que estes ramais não precisavam suportar o peso da passagem dos veículos, diferentemente dos localizados nas vias públicas, que requeriam maiores profundidades médias. (LOBO, 2003)<sup>63</sup>

Devido às reduções na extensão da rede, na quantidade de tubulação, nos volumes de escavação e re-aterro e no tempo da mão-de-obra necessária para a construção, podem-se conseguir economias que variam de 45% a 60% nos ramais condominiais, em relação ao sistema convencional. (LOBO, 2003)<sup>63</sup>

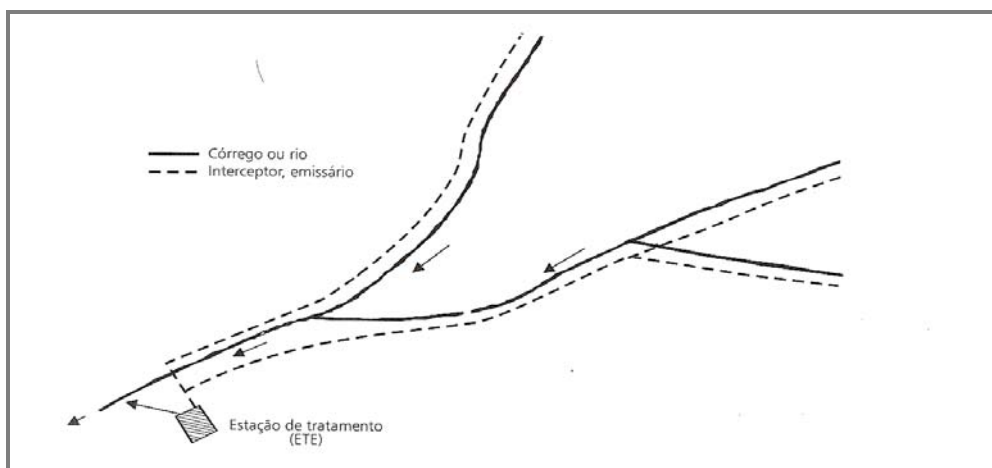
Outro aspecto importante do sistema é a atitude que se estabelece entre os usuários em relação ao serviço. Como a rede passa pelo interior dos lotes, o usuário deixa de estar "alheio" à presença do serviço público e "dependente" em relação às condições de funcionamento, estabelecendo-se a cooperação entre os moradores do condomínio na manutenção do ramal, reduzindo-se o custo relativo à manutenção nas tarifas. (LOBO, 2003)<sup>63</sup>

Além da rede condominial, os Sistemas Simplificados para serem completos devem contar com as unidades de tratamento, preferencialmente, aquelas mais adequadas à realidade sanitária e sócio-econômica da população atendida.

A discussão sobre as Tecnologias Simplificadas de tratamento de esgotos deve ser compreendida no sentido de ser uma alternativa aos sistemas convencionais, sendo apresentados a seguir, alguns dos seus principais aspectos.

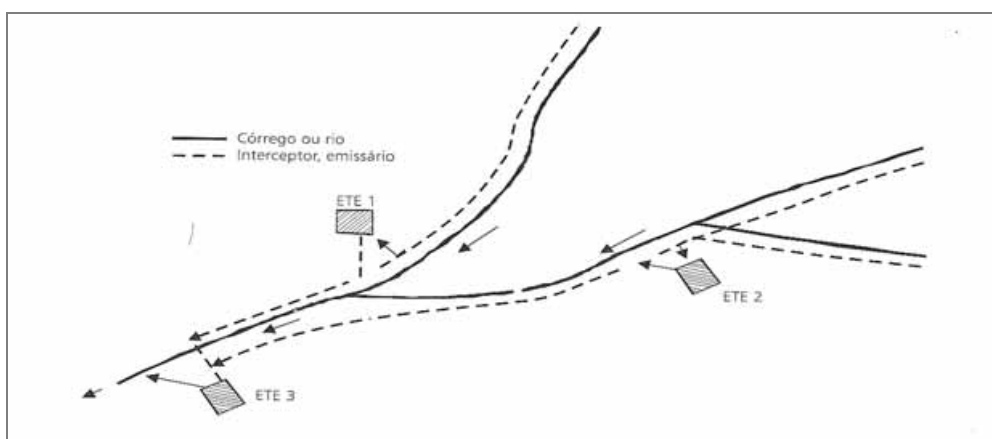
Além dessas características, em se tratando da diferenciação entre Sistemas Convencionais e Sistemas Simplificados, é importante se destacar dois fatores: à disponibilidade de espaço e à configuração do sistema de coleta e transporte de esgotos. Surgindo dessa dicotomia o conflito entre Sistemas Centralizados (Figura 7) e Descentralizados (Figura 8).

**FIGURA 7: Desenho Esquemático da Configuração de uma ETE Centralizada**



FONTE: (CAMPOS, 1999)

**FIGURA 8: Desenho Esquemático da Configuração de ETEs Descentralizadas**



FONTE: (CAMPOS, 1999)

Um dos mais importantes trabalhos sobre a abordagem da descentralização do tratamento de esgotos e seu tratamento local, foi o livro “*Decentralised Sanitation and Reuse (DESAR)*” da série “*Integrated Environmental Technologie Series*” editada por três professores da Universidade de Wageningen na Holanda: Piet Lens, Grietje Zeeman e Gatzte Lettinga.

O livro é composto por seis partes em que são discutidos aspectos e conceitos da proteção ambiental do saneamento descentralizado. Sendo apresentadas e desenvolvidas as bases conceituais para as tecnologias de saneamento descentralizado. (LETINGA, 2001)<sup>62</sup>

A expressão “saneamento descentralizado” está associada à idéia de “diversidade” e se contrapõe as idéias de “centralismos” que correspondem a concepções “monoculturais”. O tratamento de esgotos por sistemas descentralizados devem dar enfoque ao conceito de desenvolvimento sustentável, na medida em que promovem concepções locais, mais próximas das pessoas e integradas aos ecossistemas e suas leis. Desse modo, promovendo a participação da sociedade e também, na produção de conhecimento. (LETINGA, 2001)<sup>62</sup>

A partir das várias experiências abordadas na obra supracitada, constatou-se que a centralização nem sempre é a solução mais econômica, nem a mais ecológica e que o conhecimento e a tecnologia na área de tratamento descentralizado de esgoto vem se desenvolvendo bastante nos últimos anos.

No uso da expressão “tratamento descentralizado” observa-se uma grande variação dos tamanhos das estações. Nos países mais avançados, como na Europa, por exemplo, sistemas descentralizados são discutidos para residências ou pequenos povoados de 5 até 500 habitantes. (ESREY 1998)<sup>2</sup>

Para o uso deste termo técnico no Brasil, deve-se considerar uma realidade totalmente diferente, não somente pelo nível de tratamento realizado, mas também pela situação social e geográfica. Os problemas mais urgentes são localizados nos centros urbanos, com seus crescimentos explosivos e condições de implantação de tratamento de esgoto totalmente variáveis. Por outro lado, há locais especiais que também exigem um tratamento de esgoto com elevada eficiência, como hotéis, centros turísticos e condomínios.

Buscando adequar a expressão “tratamento descentralizado” tem-se utilizado o termo “pequenas unidades de tratamento de esgoto”, significando o uso de soluções com custos reduzidos, em lugar de um tratamento centralizado.

As estações "descentralizadas" segundo a legislação vigente no Brasil são aquelas com vazão nominal de projeto menor ou igual a 50 l/s ou com capacidade para atendimento até 30.000 habitantes, a critério do órgão ambiental competente. (CONAMA Nº 377/06)<sup>64</sup>

Devido às características locais, a definição da expressão “tratamento descentralizado” poderia contemplar configurações diferentes, tais como:

1. Estações de 5 a 200 habitantes, para residências, condomínios e outros;
2. Estações de 200 a 10.000 para bairros de centros urbanos ou pequenos vilarejos.

Pois quanto menor o número de habitantes atendidos, mais flexível deve ser o processo para variações de carga e vazão e mais robusto no sentido de pouca operação e manutenção, por isso a importância de classificar os sistemas descentralizados em grupos diferentes.

Assim, a opção por sistemas descentralizados de pequeno porte se torna desejável em função da flexibilidade, mesmo considerando a maior complexidade para coordenação dos serviços, em função da necessidade de articulação e controle de um maior número de estações dispersas geograficamente. (LETINGA, 2001)<sup>62</sup>

Outra questão refere-se ao atendimento a padrões cada vez mais restritivos da legislação ambiental. Observa-se uma convicção de que os sistemas de tratamento de esgotos avançados, com elevada eficiência, apresentam necessariamente custos de operação muito elevados e, portanto, têm a sua implantação inviabilizada para pequenas unidades de tratamento. (LETINGA, 2001)<sup>62</sup>

No Brasil, face às baixas taxas de atendimento por esses serviços, e a falta de investimentos, procurou-se adaptar essas exigências, através da construção das estações em etapas ou módulos, reduzindo os custos e a necessidade de contrair empréstimos para a implantação de sistemas de tratamento. Essa solução, no entanto, depende de um forte comprometimento dos gestores públicos, para que os investimentos tenham uma continuidade. (ROQUE, 1996)<sup>17</sup>

Considerando a situação econômica do País e a baixa capacidade de pagamento da população pelos serviços, há também a necessidade de se restringir o consumo de insumos como energia elétrica e produtos químicos, para se reduzir os custos de operação. Assim, as estações de tratamento de esgotos que possam ser realizadas com um menor investimento global e alta eficiência, despontam como soluções viáveis em casos de recursos públicos limitados.

O volume de lodo produzido em grandes ETEs também necessita ser considerado. Nesse sentido, a opção por tecnologias que minimizem a produção de lodo, ou que reduzam o intervalo de tempo entre a sua produção e disposição final, deve ser levada em conta.

Por fim, a utilização de materiais e métodos construtivos adaptados às realidades regionais, são fatores importantíssimos para minimizar os custos de implantação e aumentar a vida útil das instalações.

Pesquisando, aprofundadamente, os processos de tratamento de esgotos domésticos a nível secundário, demonstrou-se que alguns processos podem ser classificados como sistemas simplificados, como seguem: (ROQUE, 1996)<sup>17</sup>

- |                                   |                                 |
|-----------------------------------|---------------------------------|
| ➤ Lagoas de estabilização         | ➤ Fossas sépticas               |
| ➤ Valos de oxidação aeróbios      | ➤ Filtros anaeróbios            |
| ➤ Disposição no solo              | ➤ Filtro anaeróbio ascendente-  |
| ➤ Filtros biológicos (Biofiltros) | descendente em série            |
| ➤ Reatores anaeróbios de fluxo    | ➤ Eletrolítico/eletrocoagulação |
| ascendente                        | ➤ Valo anaeróbio-aeróbio        |

Dentre os sistemas apresentados, verifica-se a partir da década de 1990, no Brasil, uma maior tendência às pesquisas com os sistemas anaeróbios. Esses sistemas encontram uma grande aplicabilidade, devido às diversas características favoráveis, como ditos anteriormente, porém prevalecendo o baixo custo, a simplicidade operacional e a baixa produção de sólidos. Além disso, esses processos são favorecidos pelas condições ambientais, devido à predominância de elevadas temperaturas, assim, contribuindo para que os sistemas anaeróbios tenham alcançado uma posição de destaque. (CHERNICHARO, 1997)<sup>15</sup>

Sem dúvida, uma grande contribuição para a consolidação e difusão da tecnologia anaeróbia no Brasil deve-se a experiência do Prof. Carlos Augusto de Lemos Chernicharo. Em especial ao volume 5 da série “Princípios do tratamento biológico de águas residuárias” denominado Reatores Anaeróbios. O referido livro contempla, de forma bastante abrangente, os principais aspectos relativos ao tratamento de esgotos domésticos por meio de sistemas anaeróbios cobrindo princípios introdutórios e básicos, bem como um aprofundamento em aspectos de projeto e relativo às rotinas operacionais.

Os mais freqüentes processos simplificados para o tratamento de esgotos domésticos serão apresentados a seguir, sendo destacados os processos anaeróbios. Contudo, sem se ater a aspectos conceituais descritivos e de dimensionamento, tendo em vista essas informações estarem bastante desenvolvidas no campo da Engenharia Sanitária e Ambiental, podendo ser encontradas em diversas publicações da área. (NETO, 1997)<sup>14</sup>; (CHERNICHARO, 1997)<sup>15</sup>; (ROQUE, 1996)<sup>17</sup>; (SPERLING, 1995)<sup>18</sup>; (CAMPOS, 1999)<sup>45</sup>

#### **6.4.1 Disposição no solo**

Em resumo, existem diferentes métodos que utilizam o solo no tratamento e/ou disposição final de esgotos. Dentre eles, podem ser citados: (CAMPOS, 1999)<sup>45</sup>

- Infiltração rápida;
- Irrigação;
- Escoamento superficial;
- Infiltração subsuperficial;
- Filtros de areia;
- Valas de filtração;
- Terras úmidas (alagados ou wetlands).

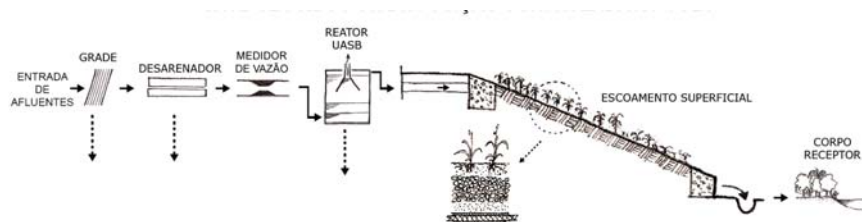
Esse sistema simplificado é essencialmente uma atividade de reciclagem, onde o efluente é aplicado num ponto no solo por meio de aspersão, vala ou alagamento, sofrendo evaporação ou sendo absorvido pela vegetação.

No Brasil, alguns aspectos construtivos devem ser observados para atingir capacidades de remoção da DBO /DQO, da nitrificação total e também da eliminação efetiva de coliformes.

Para os casos da irrigação, escoamento superficial e infiltração rápida são, em geral, seguidas as proposições da agência ambiental dos Estados Unidos (USEPA), com adaptações à situação brasileira. (CAMPOS, 1999)<sup>45</sup>

Muitos estudos têm reconhecido às vantagens da disposição controlada no solo como tratamento complementar dos efluentes dos mais diversos processos (Figura 9). Também tem sido recorrente a opção de reciclagem, incentivando sua utilização agrícola, pois podem aproveitar os nutrientes remanescentes.

**FIGURA 9: Reator UASB Seguido por Disposição Controlada no Solo**



FONTE: (FONSECA, A. R. 2008)- adaptado de: (VON SPERLING, 1995)<sup>18</sup>

No âmbito do PROSAB, algumas experiências têm investigado a aplicabilidade do tratamento de esgotos em estações do tipo “terras úmidas”, “alagados” ou “Wetlands”. Estes sistemas são caracterizados por áreas onde a superfície da água está perto da superfície do solo, por um período que seja suficiente para manter sua saturação ao longo do ano, existindo no seu meio, uma vegetação característica associada. (FLORENCIO; BASTOS & AISSE, 2006)<sup>65</sup>

Estações desse tipo têm sua importância em diversos países do mundo, especialmente no tratamento de esgoto de pequenas unidades.

Segundo esse estudo, parte do efluente sai como esgoto tratado na extremidade oposta do terreno, obtendo taxas de remoção de DBO entre 85% e 95% e de patógenos entre 90% e 99%.

O sistema não produz nenhum lodo secundário, pois a biomassa é mineralizada nos canteiros. No entanto, a remoção de fósforo via precipitação natural se mostrou possível, mas difícil de ser controlada em longo prazo. (CAMPOS, 1999)<sup>45</sup>



O canteiro é composto de: plantas adequadas da região (p.ex. junco), um sistema de alimentação próximo à superfície, um sistema de drenagem no fundo, bem como uma camada apropriada de vedação. A geometria da superfície pode ser escolhida de forma relativamente livre, de maneira que as caixas de plantio possam ser bem adaptadas às condições locais.

Para a caixa de plantio é escolhida uma areia, cuja granulação atenda às condições de hidráulica e de difusão de gases. Devem ser empregados apenas solos não coesivos (porosos). O serviço operacional de tais instalações limita-se ao controle do estado de colmatação, do crescimento das plantas e da alimentação homogênea, bem como um controle do grau de purificação no efluente.

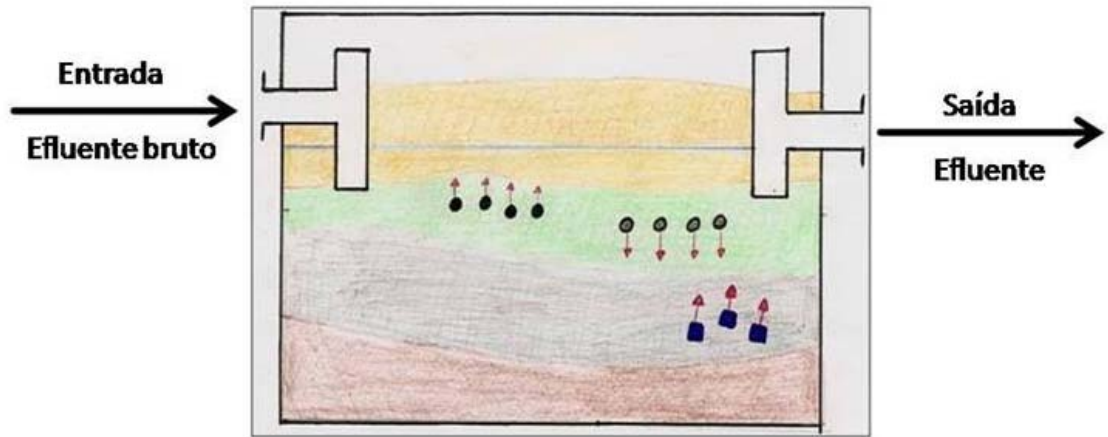
Os drenos devem ser lavados uma vez ao ano. Porém, se os sistemas forem mal geridos podem gerar maus odores, insetos e vermes, além de apresentar risco de contaminação da vegetação, no caso da agricultura, dos trabalhadores envolvidos, do solo e do lençol freático. (ROQUE, 1996)<sup>17</sup>

#### **6.4.2 Fossas Sépticas (Decanto- Digestores)**

Os tanques sépticos ou fossas sépticas (Figura 10) são utilizados, principalmente, como sistemas individuais de tratamento de esgotos a nível primário, e têm sido largamente adotados no Brasil.

São regulamentados pela norma ABNT – NBR 7229/93<sup>66</sup>, e mais recentemente complementado pela NBR 13969/1997<sup>51</sup> “Unidades de tratamento complementar e disposição final dos efluentes líquidos (Projeto, construção e operação)”.

**FIGURA 10: Desenho Esquemático do Funcionamento de Fossa Séptica**



FONTE: (FONSECA, A. R. 2008)  
 Adaptado de: (NBR 7229/93)<sup>66</sup>

**Legenda:**

	Escuma		Lodo digerido
	Nível da água		Partículas leves
	Líquido em sedimentação		Partículas pesadas
	Lodo em digestão		Gases

Outras medidas vêm sendo empregadas para melhorar a eficiência de remoção desses sistemas, através da infiltração de efluente no terreno por meio de sumidouros, ou então, acrescidas de uma etapa posterior contendo filtros anaeróbios, podendo chegar a atender a populações de cerca de 500 a 1.000 habitantes. (JORDÃO, 2005)<sup>44</sup>

Para sua operação e manutenção adequada as fossas sépticas devem ter um volume razoavelmente grande para armazenamento de lodo, assim, outras versões foram projetadas para melhorar sua eficiência como:

- Fossas sépticas de câmaras sobrepostas, Fossas sépticas de duas ou mais câmaras múltiplas em série e Fossas sépticas com leitos de secagem de lodo digerido (CYNAMON, 2003)<sup>67</sup>

As principais críticas que recaem sobre esses sistemas é que apesar de simples e de baixo custo, as fossas sépticas, como unidades independentes, não oferecem uma solução completa. São apontadas inúmeras limitações, entre as quais que dificilmente alcançam os padrões restritivos recomendados pelas normas ambientais.

Além disso, devido a sua simplicidade construtiva, e ampla disseminação, muitas vezes ocorrem falhas no projeto, e na construção, o que compromete sua eficiência e segurança. E ainda, devido à negligência dos usuários em sua manutenção, podem ocorrer entupimentos e extravasamento do efluente, causando contaminação do solo e do lençol freático, favorecendo a proliferação de microorganismos patogênicos e de vetores, representando riscos a saúde da população.

### **6.4.3 Filtros Anaeróbios**

Os filtros anaeróbios são reatores, preenchidos com material de suporte (brita ou material plástico). O meio suporte favorece a retenção de microorganismos nos interstícios desse material, formando uma fina camada chamada de biofilme.

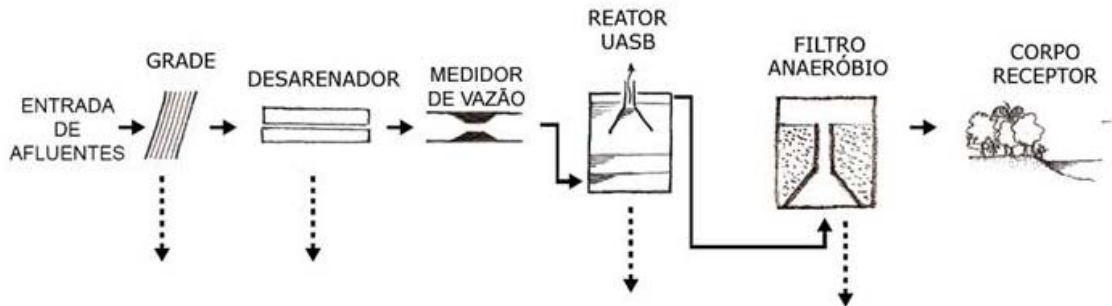
O material sólido do esgoto ao entrar em contato com a biomassa dispersa no leito de lodo e com o biofilme aderido ao meio suporte é retido no interior do reator, obtendo uma remoção média de DBO e DQO entre 68% e 79%, sendo convertidos biomassa estabilizada, metano e gás carbônico. (CHERNICHARO, 1997)<sup>15</sup>

Os filtros anaeróbios podem ser de fluxo ascendente, ascendente com leito de bambu, descendentes e ascendente-descendentes em série, sendo mais utilizados para tratamento de efluentes de pequenas populações. (ROQUE, 1996)<sup>17</sup>

Individualmente, os filtros anaeróbios, são projetados para atenderem a pequenas comunidades, com populações inferiores a 500 habitantes, ou volumes abaixo de 40 a 50 m<sup>3</sup>. Sendo prioritariamente aplicados como tratamento complementar de efluentes de tanques sépticos, de acordo com as recomendações contidas na Norma Brasileira (NBR 7229/1993)<sup>66</sup>. (CHERNICHARO, 1997)<sup>15</sup>

Atualmente, em sido estudados como possibilidade de pós-tratamento de reatores de manta de lodo (UASB) (Figura 11), utilizando diferentes tipos de material de enchimento, para se garantir efluente final com DBO < 60 mg/L, mesmo para cidades de população superior a 50.000 habitantes. (JORDÃO, 2005)<sup>44</sup>

**FIGURA 11: Desenho Esquemático da Utilização de Filtro Anaeróbico como Pós-Tratamento de Reator (UASB)**



FONTE: (FONSECA, A. R. 2008)- adaptado de: (VON SPERLING, 1995)<sup>18</sup>

#### 6.4.4 reatores com Manta de Lodo de Fluxo Ascendente (UASB)

Os reatores com Manta de Lodo e fluxo ascendente, ou UASB (Figura 12) referem-se à sua versão em inglês, que significa Upflow Anaerobic Sludge Blanket Reactors. Esses sistemas foram inicialmente desenvolvidos na Holanda, na década de 1970.

**FIGURA 12: Desenho Esquemático da Utilização de Reator de Manta de Lodo (UASB)**



FONTE: (FONSECA, A. R. 2008)- adaptado de: (VON SPERLING, 1995)<sup>18</sup>

No Brasil, esses sistemas anaeróbios vêm demonstrando grande aplicabilidade para qualquer população esgotada, com eficiência de remoção de DBO razoavelmente boa e a um custo relativamente baixo.

No entanto, estas unidades, individualmente, não atendem ao limite de DBO de 60 mg/L, por isso necessitam de tratamento complementar como lagoas de estabilização fotossintéticas, ou filtros anaeróbios. (JORDÃO, 2005)<sup>44</sup>

Outra opção que tem sido utilizada é o tratamento biológico aeróbio complementar, para a remoção de matéria orgânica (DBO efluente inferior a 30 mg/L) e também para a remoção do nitrogênio do efluente final (N-amoniaco < 5 mg/L), além de encaminhar o lodo gerado no pós-tratamento para estabilização no reator UASB.

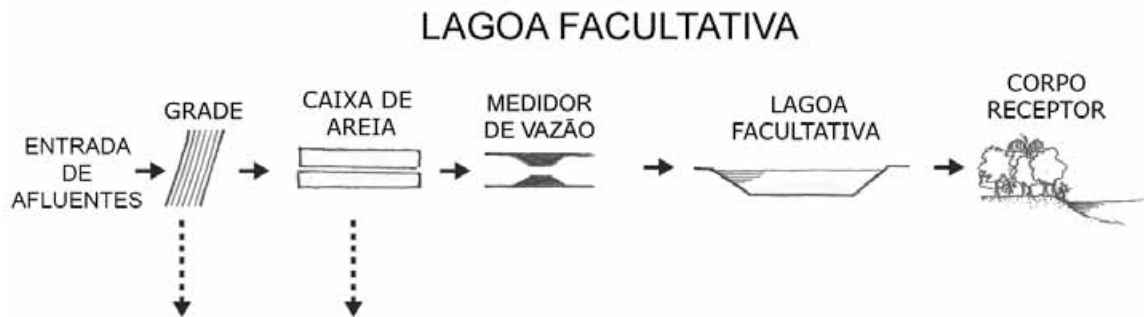
As principais críticas relacionadas aos reatores de manta de lodo decorrem da geração de odores resultantes dos processos anaeróbios, e também da grande produção de espuma, fato que já vem produzindo alguma rejeição ao uso desses reatores junto a áreas urbanas. Contudo, deve-se ressaltar que esses problemas só ocorram quando ocorrem falhas de projeto ou de operação.

Além disso, tais problemas podem ser minimizados através da instalação de coberturas e do tratamento do gás produzido. (JORDÃO, 2005)<sup>44</sup>

Outro cuidado especial com os reatores de manta de lodo deve ser em relação “à corrosão das estruturas de concreto, próximo e acima do nível do líquido”. Várias unidades implantadas, sem a devida proteção do concreto, já se apresentam bastante comprometidas. (JORDÃO, 2005)<sup>44</sup>

#### **6.4.5 Lagoas Facultativas**

Diversos autores enaltecem as propriedades positivas e a adaptabilidade das Lagoas Facultativas (Figura 13) às condições ambientais e sócio-culturais brasileiras, por serem mais naturais, menos mecanizados e fáceis de construir e operar. (NETO, 1997)<sup>14</sup>; (ROQUE, 1996)<sup>17</sup>; (CAMPOS, 1999)<sup>45</sup>

**FIGURA 13: Desenho Esquemático da Utilização de Lagoa Facultativa**

FONTE: (FONSECA, A. R. 2008)- adaptado de: (VON SPERLING, 1995)<sup>18</sup>

Também são destacadas as vantagens de se associarem diferentes variedades de Lagoas, como Lagoas Facultativas “fotossintéticas”, Lagoas “de maturação”, Lagoas de “Alta Taxa de Degradação”, que sendo convenientemente projetadas e adequadamente operadas podem alcançar grande eficiência na remoção de patógenos e nutrientes eutrofisantes.

Entretanto, não são aplicáveis em quaisquer situações, pois exigem grandes áreas e adequação do solo.

#### 6.4.6 Biodigestores

Há uma marcada deficiência, no tocante à bibliografia relacionada a essa tecnologia, principalmente no que se refere à utilização desse equipamento para tratamento de esgotos domésticos, pois sua utilização é mais comum no meio rural.

Esses métodos de tratamento comumente não são mencionados na maioria dos livros técnicos especializados, porém esses sistemas são muito comuns na Índia e na China, onde essa tecnologia está associada às áreas rurais, que, aliás, é extremamente negligenciada no Brasil, com apenas 2% da população sendo atendida por sistemas de esgotamento sanitário. (ROQUE, 1996)<sup>17</sup>

Esses sistemas podem ser classificados como reatores anaeróbios, pois são compostos de um tanque protegido do contato com o ar atmosférico, onde a matéria orgânica contida nos efluentes é metabolizada por bactérias anaeróbias. O efluente circula no reator em sentido vertical e de baixo para cima. Neste processo, os subprodutos obtidos é o formado principalmente por metano e gás carbônico (biogás), uma parte sólida que decanta no fundo do tanque (lodo anaeróbio), e uma parte líquida que corresponde ao efluente tratado. (BRUSH, 2005)<sup>68</sup>

Os primeiros relatos sobre a vinda dos biodigestores para o Brasil são datados da década de 1970, em função da crise do petróleo de 1973, quando as economias das nações dependentes dessa fonte energética passaram a buscar soluções para sua substituição. (BRASIL. Ministério da Agricultura. EMBRATER, 1981)<sup>56</sup>

Nesse sentido, no Brasil, inúmeros esforços foram desenvolvidos no sentido de se substituir o petróleo. Surge daí as pesquisas com o álcool, o xisto, o metanol, etc.

Dentre as fontes substitutivas para diminuir a dependência do petróleo é proposta a utilização do biogás, para a produção de energia de baixo custo, principalmente, para as áreas rurais, pois apresentava resultados favoráveis e já era difundido em vários países. (BRASIL. Ministério da Agricultura. EMBRATER, 1981)<sup>56</sup>

Apesar de ser conhecido há muito tempo, só mais recentemente os processos de obtenção de biogás vêm se desenvolvendo com objetivos práticos e em maior amplitude, objetivando sua utilização como fonte energética. Mas, é a partir de 1976 que os estudos relativos ao seu aproveitamento foram intensificados. (BRASIL. Ministério da Agricultura. EMBRATER, 1981)<sup>56</sup>

A idéia inicial era a utilização de biodigestores para a produção de biogás nas propriedades rurais, indiferentemente de suas dimensões, além disso, possibilitava associar outros objetivos, como:

- a) Proporcionar maior conforto ao produtor rural permitindo-lhe dispor de um combustível prático e barato que tanto pode ser usado para fins de iluminação, como ainda para acionar pequenos motores estacionários de combustão interna;
- b) Contribuir para a economia do consumo de petróleo, pois o biogás é um combustível proveniente de fontes alternativas;
- c) Utilizar o lodo do esgoto como fertilizante, pois é um resíduo rico em nutrientes, podendo aumentar a produtividade dos cultivos e reduzir a dependência de insumos agrícolas face ao seu baixo custo de obtenção;

- d) Contribuir para a preservação do meio ambiente pela irrigação com efluentes do tratamento de esgotos, fazendo a reciclagem de nutrientes orgânicos poluentes.

Em 1981, foi realizado um projeto de difusão e instalação de biodigestores no meio rural, sendo produzidos dois manuais técnicos pelo Ministério das Minas e Energia em parceria com o Ministério da Agricultura, através da EMBRATER, com o objetivo de prestar assistência técnica aos produtores rurais, foram difundidos dois modelos de biodigestores:

#### **6.4.6.1 O Modelo Indiano**

Este modelo de biodigestor caracteriza-se por possuir uma campânula como gasômetro, a qual pode estar mergulhada sobre a biomassa em fermentação ou em um selo d'água externo, e com uma parede central que divide o tanque de fermentação em duas câmaras.

A parede divisória faz com que o material circule por todo o interior da câmara de fermentação (Figura 14 e 15). Esse modelo possui pressão de operação constante, ou seja, à medida que o volume de gás produzido não é consumido de imediato, o gasômetro tende a deslocar-se verticalmente, aumentando o volume deste. Dessa forma, mantém a pressão no interior constante. O fato de o gasômetro estar disposto ou sobre o substrato ou sobre o selo d'água reduz as perdas durante o processo de produção do gás.

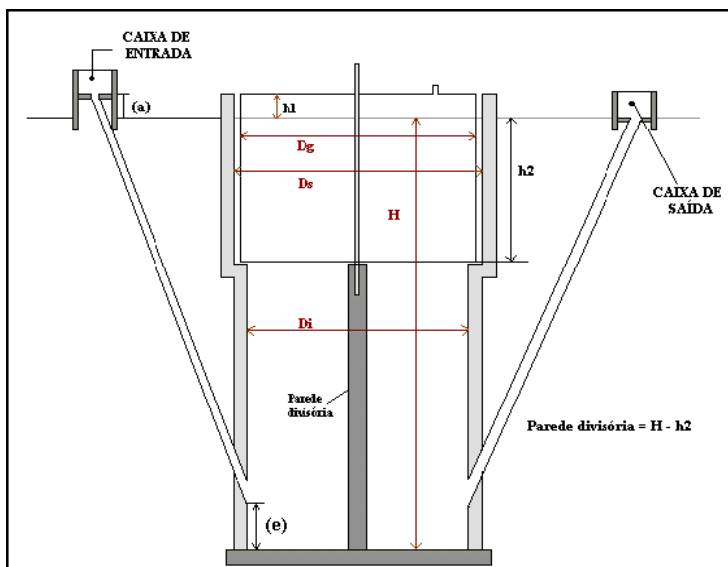
A princípio, o resíduo a ser utilizado para alimentar o biodigestor indiano, deverá apresentar uma concentração de sólidos totais não superiores a 8%, para facilitar a circulação do resíduo pelo interior da câmara de fermentação e evitar entupimentos dos canos.

O abastecimento deverá ser contínuo, ou seja, geralmente é alimentado por dejetos bovinos e/ou suínos, que apresentam certa regularidade no fornecimento de dejetos.



Do ponto de vista construtivo, apresenta-se de fácil construção, contudo o gasômetro de metal pode encarecer o custo final e também à distância da propriedade pode dificultar e encarecer o transporte, inviabilizando a implantação deste modelo de biodigestor. (BRASIL. Ministério da Agricultura. EMBRATER, 1981)<sup>56</sup>

**FIGURA 14: Vista Frontal em Corte do Biodigestor Modelo Indiano, Realçando os Elementos Fundamentais para a sua Construção.**

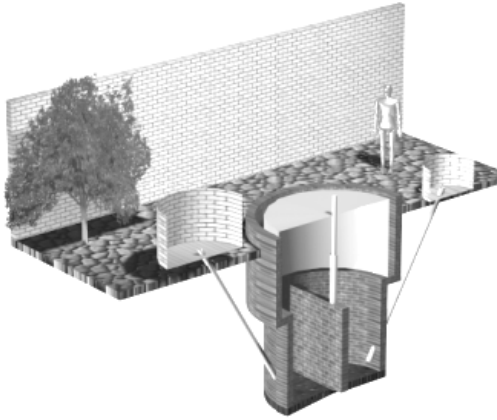


**Legenda:**

- H** - é a altura do nível do substrato;
- Di** - é o diâmetro interno do biodigestor;
- Dg** - é o diâmetro do gasômetro;
- Ds** - é o diâmetro interno da parede superior;
- h1** - é a altura ociosa (reservatório do biogás);
- h2** - é a altura útil do gasômetro;
- a** - é a altura da caixa de entrada;
- e** - é a altura de entrada do cano com o afluente.

FONTE: (BRASIL. Ministério da Agricultura. EMBRATER, 1981)<sup>56</sup>

**FIGURA 15: Corte Vertical do Biodigestor Modelo Indiano, Mostrando Todo o seu Interior**



FONTE: (BRASIL. Ministério da Agricultura. EMBRATER, 1981)<sup>56</sup>

#### **6.4.6.2 O Modelo Chinês**

Esse reator anaeróbico é formado por uma câmara cilíndrica em alvenaria, com teto abobado, impermeável, destinado ao armazenamento do biogás (Figuras 16 e 17). Este biodigestor funciona com base no princípio de prensa hidráulica, ou seja, conforme o acúmulo de biogás haverá o aumento de pressão em seu interior resultantes do deslocamento do efluente da câmara de fermentação para a caixa de saída, e em sentido contrário quando ocorre descompressão.

Tradicionalmente o modelo chinês é constituído quase que totalmente em alvenaria, dispensando o uso de gasômetro em chapa de aço, reduzindo os custos. Contudo, necessita de mão de obra especializada para sua execução, pois se o isolamento não for bem executado podem ocorrer problemas de vazamento do biogás.

Atualmente, existe na China um centro especializado da pesquisa em tecnologias anaeróbicas, com ênfase no desenvolvimento desse tipo de reatores, o BRTC, na província de Chengdu, China. Conta com o apoio do BIOMA, do PNUD e do SIDA. (DRANGERT, 1997)<sup>42</sup>

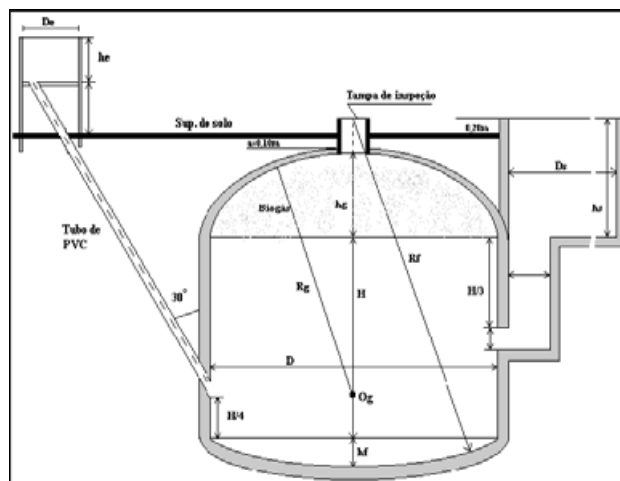
A partir das experiências desenvolvidas por essa instituição, têm sido produzidos e comercializados para toda Ásia e Pacífico biodigestores em estruturas de concreto armado ou até em fibra de vidro, com o objetivo de reduzir a necessidade de mão de obra especializada para sua construção, diminuir custos e problemas operacionais.

Neste tipo de biodigestor, se o gás não for utilizado, uma parcela do gás formado na caixa de saída tende a ser libertado para a atmosfera, reduzindo parcialmente a pressão interna do gás. Para superar esse problema tem se desenvolvido acumuladores de gás (gasômetros) externos, fabricados de laminados de PVC- Policloreto de Vinila, a fim de criar estabilidade na oferta de gás.

Segundo a literatura existente, o substrato deverá ser fornecido continuamente, com a concentração de sólidos totais, preferencialmente, em torno de 8%. (BRASIL. Ministério da Agricultura. EMBRATER, 1980)<sup>54</sup>

Porém, experiências recentes com utilização de esgotos sanitários, cuja concentração de sólidos totais gira em torno de 2%, têm demonstrado que esses sistemas alcançam uma eficiência de remoção de DBO na faixa de 45% a 85%. Essa variação ocorre, principalmente, em função do tempo de detenção hidráulica (em torno de 72h) e de picos de vazão que podem atrapalhar o desempenho do sistema. (OIA, S/D)<sup>41</sup>

**FIGURA 16: Vista Frontal em Corte do Biodigestor Modelo Chinês, Realçando os Elementos Fundamentais para a sua Construção.**

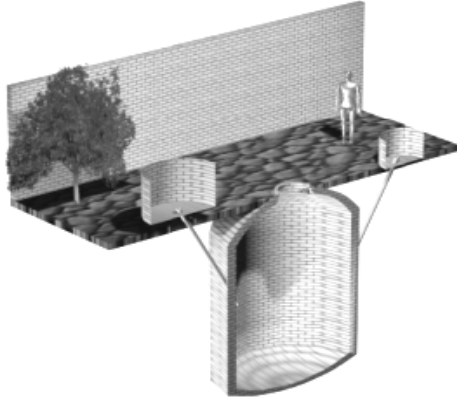


**Legenda:**

- D** - é o diâmetro do corpo cilíndrico;
- H** - é a altura do corpo cilíndrico;
- Hg** - é a altura da calota do gasômetro;
- hf** - é a altura da calota do fundo;
- Of** - é o centro da calota esférica do fundo;
- Og** - é o centro da calota esférica do gasômetro;
- he** - é a altura da caixa de entrada;
- De** - é o diâmetro da caixa de entrada;
- hs** - é a altura da caixa de saída;
- Ds** - é o diâmetro da caixa de saída;
- A** - é o afundamento do gasômetro.

FONTE: (BRASIL. Ministério da Agricultura. EMBRATER, 1981)

**FIGURA 17: Corte Vertical do Biodigestor Modelo Chinês, Mostrando Todo o seu Interior**



FONTE: (BRASIL. Ministério da Agricultura. EMBRATER, 1981)

Enfim, comprovada aceitação pelos sistemas anaeróbios é difundida pela bibliografia técnica, principalmente, em relação aos reatores anaeróbios de fluxo ascendente (UASB).

Porém, a literatura é unânime em considerar que um único tipo de reator anaeróbio dificilmente produz efluentes que atendam aos padrões estabelecidos pela legislação ambiental brasileira. Torna-se de grande importância, portanto, o pós-tratamento dos efluentes dos reatores anaeróbios, como uma forma de adequar o efluente tratado aos requisitos sanitários necessários. (CHERNICHARO, 1997)<sup>15</sup>

A principal função do pós-tratamento é melhorar a eficiência na remoção de cargas orgânicas (DBO), Nitrogênio, Fósforo e indicadores microbiológicos.

Outro objetivo das contribuições nessa área se deve a crescente preocupação com a escassez de água, sendo assim, as tecnologias de tratamento tem-se aperfeiçoado para permitir o reuso da água, especialmente na agricultura, por ser a maior consumidora, além da indústria, para refrigeração dos equipamentos ou em processos que não requerem água potável.

#### 6.4.7 Sistemas Combinados

O principal papel do pós-tratamento é o de completar a remoção da matéria orgânica, bem como o de proporcionar a remoção de constituintes pouco afetados no tratamento anaeróbio, como os nutrientes (N e P) e os organismos patogênicos (vírus, bactérias, protozoários e helmintos).

Tanto sistemas aeróbios, quanto anaeróbios têm sido pesquisados como pós-tratamento, porém destacam-se: a) filtros anaeróbios; b) lagoas de polimento; c) aplicação no solo; d) biofiltro aerado; e) filtro biológico; f) lodos ativados. (CHERNICHARO, 1997)<sup>15</sup>

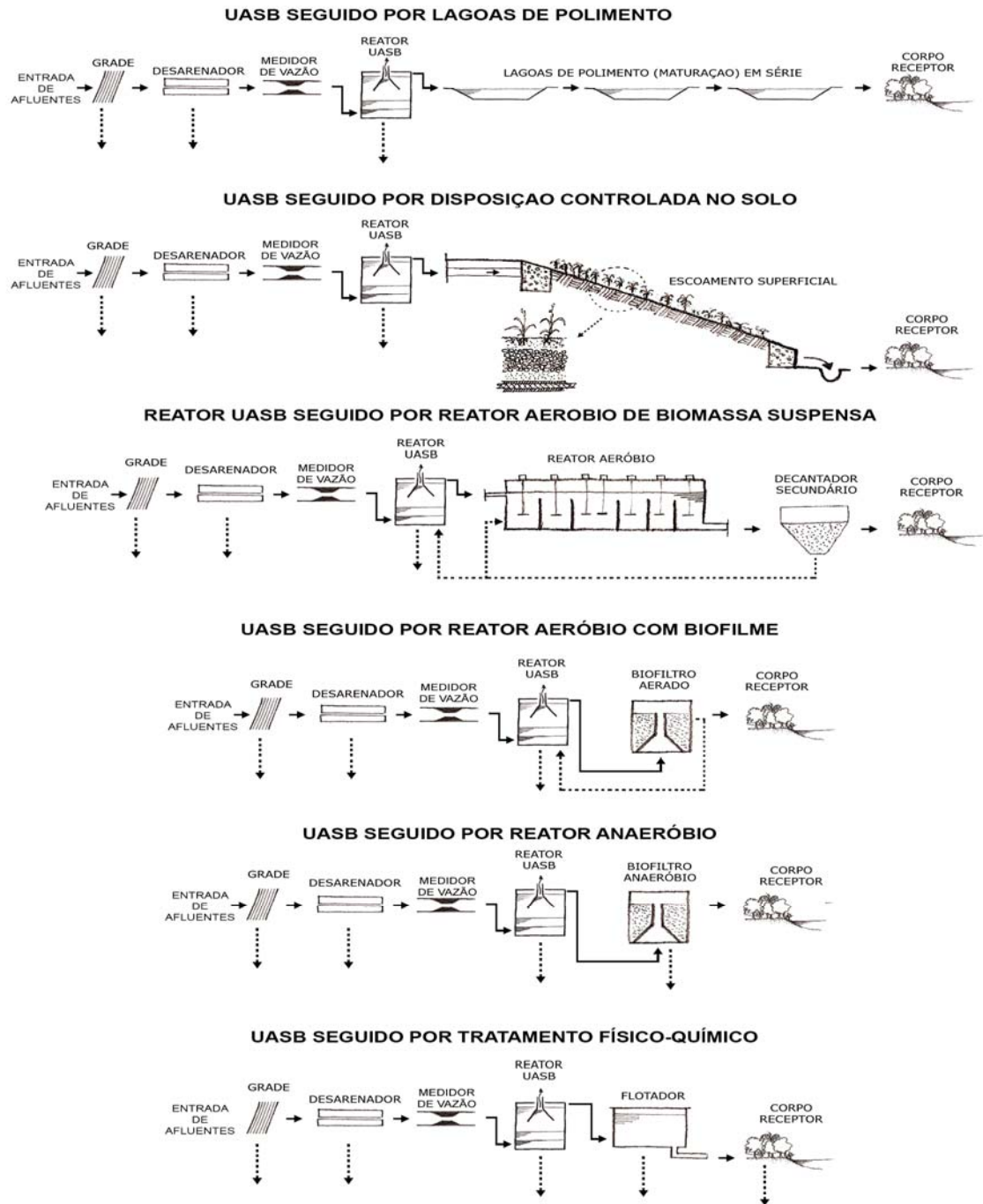
No Brasil, os Sistemas Combinados contendo como primeira etapa os reatores anaeróbios de fluxo ascendente (UASB) têm se mostrado muito atrativos, pois apresentam diversos aspectos favoráveis como os econômico-financeiros; simplicidade de projeto e operação; o uso de equipamentos não sofisticados; menor produção de lodo de excesso para disposição; baixo consumo de energia e de outros custos; menor área necessária, etc. (CAMPOS, 1999)<sup>45</sup>

As principais formas de pós-tratamento de efluentes de reatores UASB, que se tem investido no desenvolvimento de trabalhos de pesquisa aplicada, podem ser vistas na listagem a baixo: (CHERNICHARO, 1997)<sup>15</sup>

- Sistema UASB seguido de Filtro Anaeróbio;
- Sistema UASB seguido de Lagoa de Polimento;
- Sistema UASB seguido de Aplicação no Solo;
- Sistema UASB seguido de Biofiltro Aerado.

Deve-se ressaltar que há uma extensa lista de sistemas não citados, mas disponíveis, refletindo o avanço na área de controle de efluentes experimentado nos últimos anos (Figura 18).

**FIGURA 18: Pós – Tratamento do Efluente de Reator de Manta de Lodo (UASB)**



FONTE: (FONSECA, A. R. 2008)- adaptado de: (VON SPERLING, 1995)<sup>18</sup>

Porém, muitas dessas combinações ainda não ocorrem em escala real, estando se investigando os resultados de desempenho e da concepção dos mesmos, com o objetivo de minimização dos custos de implantação das ETEs, bem como da obtenção de efluentes de melhor qualidade. (CAMPOS, 1999)<sup>45</sup>

As pesquisas realizadas, sem dúvida, contribuíram para avanços significativos, como por exemplo, o melhor conhecimento dos processos de tratamento de esgotos, das condições operacionais de sistemas existentes e em desenvolvimento, como também de instrumentos de suporte à decisão para escolha técnica de tratamento segundo diferentes critérios.

No entanto, cabe discutir se os esforços têm atendido às desejáveis prioridades nacionais, principalmente quanto ao seu papel social.

Contextualizando os aspectos relacionados ao desenvolvimento de pesquisas na área de saneamento constata diversas carências no tema. Evidencia-se que é fundamental destacar que essa profusão de iniciativas, ainda que importantes e bem recebidas pela comunidade de pesquisadores, não significa necessariamente uma política de incentivo à pesquisa na magnitude e, especialmente, na melhor direção. Nesse último caso, ao contrário, pela diversidade e variedade de enfoques, pode estar representando uma fragmentação de visão e uma não convergência de objetivos. (HELLER, 2006)<sup>12</sup>

Um dos principais desafios da Área Saneamento ainda é o atendimento a populações pobres concentradas em favelas ou dispersas em meio rural. Necessitando, para superação desse desafio, transpor impedimentos econômico-financeiros, mas também questões tecnológicas e gerenciais. (HELLER, 2006)<sup>12</sup>

Em relação às questões tecnológicas revela que, a despeito do vasto conhecimento técnico acumulado nos últimos anos demonstrar a sintonia da pesquisa nacional, com as tendências internacionais. Há uma distância considerável entre tal padrão e a atual realidade do setor, evidenciado pelas inaceitáveis carências de atendimento populacional.

Isso leva ao questionamento sobre os benefícios das tecnologias pesquisadas, desenvolvidas e aperfeiçoadas, tanto em termo de seu funcionamento mais direto (ex. capacidade de um determinado processo de tratamento remover determinada substância), quanto em termos de seu benefício à população ou ao ambiente (ex. redução de doenças de veiculação hídrica em uma população decorrente da implantação de sistema de tratamento de esgotos). (HELLER, 2006)<sup>12</sup>

Uma desvantagem a ser considerada é que os sistemas desenvolvidos são notadamente afeitos a sistemas do tipo “*end of pipe*”, ou seja, consideram que o efluente é o que é e, portanto, devem-se buscar técnicas de tratamento que permitam “enquadrá-lo”, ou seja, fazer com que ele atenda os padrões de descarte em vigor. (SANT’ANNA Jr, 2006)<sup>60</sup>

É preciso ficar claro, também, que “*obviamente, entre a solução técnica testada em condições experimentais controladas e a sua aplicação prática, atuam mediadores de diversas naturezas – operacionais, gerenciais, administrativos, econômicos, culturais que determinam a maior ou menor efetividade – entendida como extensão em que uma intervenção, procedimento, ou serviço, quando empregado em campo em circunstâncias rotineiras, realiza o que se pretende que realize em uma população específica e diferencia-se de **eficácia**, entendida como extensão em que uma intervenção, procedimento, ou serviço, em condições ideais, produz um resultado benéfico- do dispositivo ou processo*”. (HELLER, 2006)<sup>12</sup>

O que se quer mostrar com esse breve balanço das tendências é a complexidade e a natureza dos problemas em diferentes abordagens.

Entretanto, há formas diferentes de ver essas questões e sugestões distintas de estratégias políticas e tecnológicas para enfrentá-las.

Recentemente, algumas discussões despontam, mas ainda incompletas, sobre novas direções existentes. Nesse particular, as abordagens como as Tecnologias Sociais têm despertado grande interesse, pois as Tecnologias Sociais referem-se à necessidade de valorização de novas maneiras de conceber tecnologias para a inclusão social.



## **CAPÍTULO 7 APLICAÇÃO DAS TECNOLOGIAS SOCIAIS E ECOLÓGICAS EM TRATAMENTO DE ESGOTO: EXEMPLOS NACIONAL E INTERNACIONAIS**

Para consolidar tal forma de utilização de tecnologias, que sejam capazes de serem executadas nas mais variadas escalas, articulando-se a economias plurais, sem que sejam cooptadas ou desapareçam, por tornarem-se concorrentes aos modelos já existentes. Serão apresentados alguns exemplos de tecnologias voltadas para solucionar o problema da falta de tratamento de esgotos e que se aplicam ao conceito de Tecnologias Sociais, por serem ações descentralizadas, que favorecem o envolvimento social, além de articular atividades de várias áreas como saúde, educação, meio ambiente e agricultura.

A inserção desse conceito no âmbito das tecnologias para tratamento de esgotos é, na verdade, uma acomodação teórica, para situar as modalidades de tecnologias, que além dos critérios de segurança à saúde e ao meio ambiente, envolvam um conjunto de técnicas e procedimentos associados a formas de organização coletiva, que favoreça a inclusão social, melhorando a qualidade de vida, garantindo a segurança alimentar e a geração de emprego e renda.

Os critérios sugeridos para Tecnologias Sociais que envolvem técnicas de tratamento de esgotos domésticos encontram interfaces potenciais com as estratégias, tecnologias e práticas relacionadas ao conceito de “Saneamento Ecológico” ou *ecological sanitation*. Essa proposta visa o reuso intensivo dos resíduos para a produção de alimentos, através da integração dos ciclos de matéria e energia dos ecossistemas locais. Essa iniciativa se adequa as perspectivas de desenvolvimento sustentável e aos programas de desenvolvimento social e combate a fome.

Assim, visando incorporar essas duas dimensões, utilizou-se a expressão Tecnologias Sociais e Ecológicas. Essa definição volta-se para os padrões alternativos de tratamento de esgotos, que além de incorporarem as dimensões econômicas, de qualidades físico-químicas e microbiológicas dos efluentes gerados, combinem ações de mobilização e inclusão social, através de técnicas sustentáveis de manejo dos subprodutos do tratamento dos esgotos, visando seu reuso urbano e agrícola.

É importante constar que esse termo ainda não é consolidado na literatura, contudo tem importantes contribuições a oferecer ao objetivo de desenvolvimento sustentável. Deve-se, antes de qualquer coisa, compreender que se trata de um modo diferente de fazer ciência, que se distingue dos parâmetros de qualidades estabelecidos pelas universidades.

Para tanto, é fundamental a compreensão dos problemas dos beneficiados, para propor soluções inovadoras menos hierarquizadas, mais cooperativas, comprometidas e solidárias, permitindo uma aprendizagem constante, através da combinação e adaptação das diversas tecnologias desenvolvidas pelos especialistas ao conhecimento popular.

Tais soluções são legítimas, especialmente quando muitas municipalidades não têm capacidades para oferecer serviços caros de drenagem e tratamento de esgoto, mesmo em suas versões mais econômicas e baratas. Essa realidade é ainda mais crítica em áreas urbanas com geografia montanhosa ou rochosa e também nas áreas com graves problemas de abastecimento de água. Coloca-se como desafio para esse tipo de solução, fornecer informações em escala real para subsidiar as instituições públicas de modo a criarem incentivos municipais para àqueles que adotem essas tecnologias. Algumas contribuições já vêm sendo praticadas no Brasil e no mundo, como serão apresentadas a seguir.

## **7.1 Experiências de Sistemas de Saneamento Ecológico para Tratamento de Esgotos Domésticos no Brasil**

### **7.1.1 A Construção de Biossistemas Integrados Difundidos pela Organização Não- Governamental, O Instituto Ambiental - OIA**

Em 1991 cientistas alemães do Hambúrguer Umweltinstitut (HUI), visando replicar técnicas de reciclagem de nutrientes da biomassa, para a limpeza de águas servidas por esgotos domésticos, assinaram um acordo de cooperação técnica com o município de Silva Jardim, Estado do Rio de Janeiro, com o objetivo de desenvolver um projeto piloto no município.

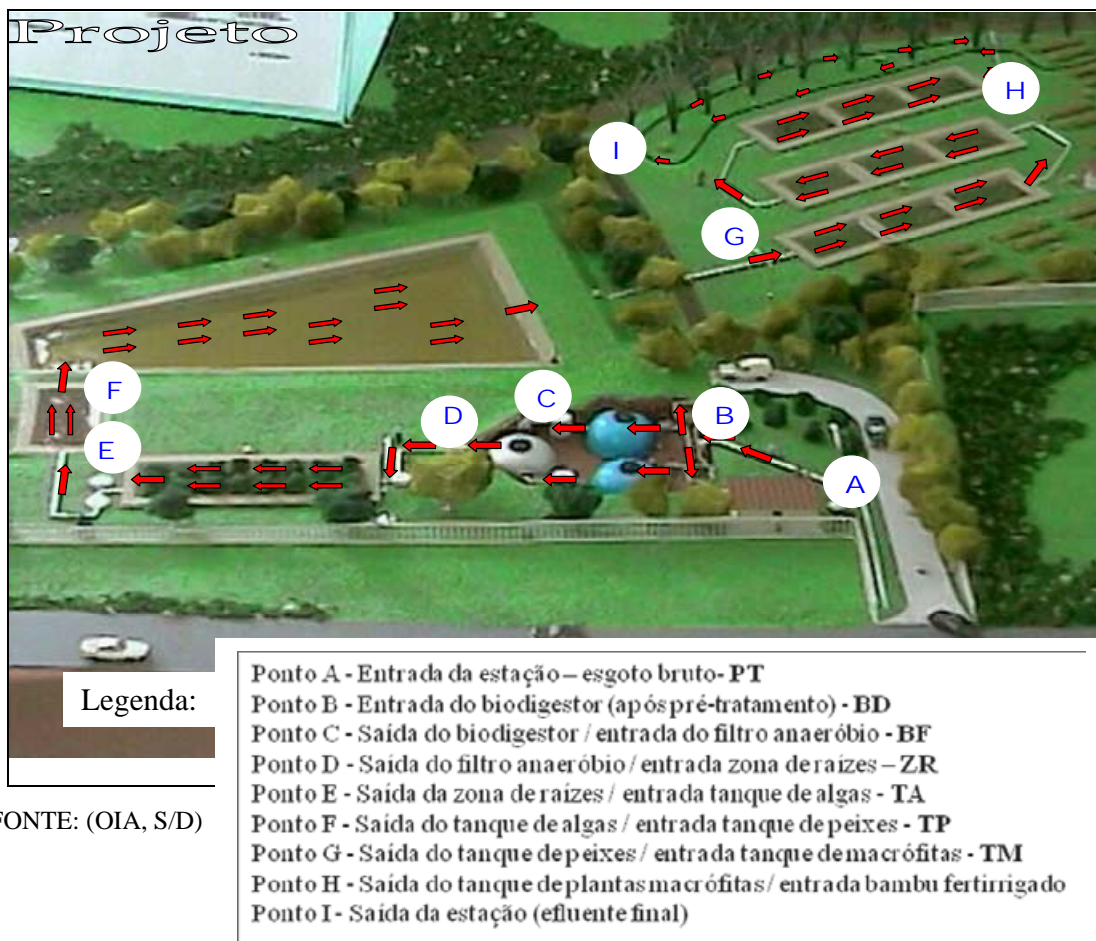
Logo após, em 1993, para disseminar e desenvolver novos projetos foi criado em Petrópolis – RJ, a organização não governamental brasileira O Instituto Ambiental ou apenas OIA. O OIA tem como finalidade desenvolver técnicas alternativas e biológicas de tratamento de esgotos residenciais com reciclagem de nutrientes de biomassa.

Através de vários componentes como biodigestores, filtros naturais com plantas aquáticas, tanques de oxidação/ sedimentação, integrado com manejo de piscicultura, avicultura, agricultura e sanitários ambientais.

Surge dessa experiência o conceito de Biosistema Integrado comumente chamado de BSI, que foi desenvolvido no Brasil pelo especialista em Permacultura chinês Prof. George Chang, pelo Presidente da Fundação Gaia Prof. Jose Luzenberger e pelo Presidente do Hamburger Umweltinstitut, Prof. Michael Braungarten, com a coordenação científica da engenheira biológica Katja Hansen e direção internacional do jornalista Douglas Mulhall. (OIA, S/D)<sup>41</sup>

O BSI é composto pelo Biodigestor modelo chinês, filtro anaeróbio, tanque de algas, tanque de peixes, disposição no solo, além do aproveitamento do biogás. (Figura 19)

**FIGURA 19: Desenho Esquemático de um Biosistema Integrado- BSI**



FONTE: (OIA, S/D)

O primeiro Biosistema Integrado completo foi implantado em 1994 no município de Petrópolis, região serrana do Estado do Rio de Janeiro, numa comunidade carente chamada Sertão do Carangola, em parceria com o Serviço de Educação e Organização Popular - SEOP, contando também com a participação da Associação de Moradores local. Essa experiência foi Premiada pela Fundação Banco do Brasil e certificada no âmbito do Banco do Brasil de Tecnologia Social em uma de suas primeiras edições.

Ainda em Petrópolis, a ONG OIA através de convênio com a ONG francesa PARTENAIREs, implantou biodigestores ao longo do Rio Piabanha, afluente do Rio Paraíba do Sul, para promover um programa ambiental nas comunidades de Vila São Francisco, Vincenzo Rivetti, Vila Leopoldina e Barra Mansa.

Outros importantes trabalhos foram realizados como a instalação de quatro estações ao longo da Serra Velha da Estrela, com apoio da Associação da APA/ Petrópolis e financiado por um Termo de Ajustamento de Conduta- TAC, do Ministério Público Federal, contribuindo para a despoluição da Baía de Guanabara.

Através de acordo firmado entre a Fundação Superintendência Estadual de Rios e Lagoas – SERLA, a Prefeitura de Petrópolis, a empresa concessionária dos serviços de água e esgotos de Petrópolis Águas do Imperado, a Companhia Municipal de Desenvolvimento de Petrópolis – COMDEP, do Comitê para Integração da Bacia Hidrográfica do Rio Paraíba do Sul e o OIA, estão previstas a implantação de dez biodigestores em comunidades do município.

Para tanto, o convênio, que utiliza os recursos arrecadados com cobranças feitas pela utilização de recursos hídricos da bacia hidrográfica do rio Paraíba do Sul, construirá biodigestores que atenderão localidades cuja topografia não permite a adução dos dejetos para grandes estações de tratamento. O processo prevê o envolvimento das comunidades através de atividades de educação ambiental e utilização da mão-de-obra local, além do aproveitamento do biogás gerado, que será distribuído entre os moradores, creches e escolas. Também estão sendo utilizados como matéria-prima as garrafas PET recolhidas pela COMDEP como meio suporte nos filtros anaeróbios dos biodigestores (Figura 20).

**FIGURA 20: Filtro Anaeróbio Construído em Vila Ipanema Petrópolis- RJ, Utilizando como Meio Suporte Garrafas PET e Pneus Recolhidos pela COMDEP**



FONTE: (OIA, S/D)

Em 2007 foi iniciada uma importante pesquisa sobre a eficiência e os benefícios sócio-econômicos do Biossistema Integrado, através do monitoramento da Estação de Tratamento de Esgotos Ronald Sposito (Figura 21), que foi construída e está em operação desde 2006. O Biossistema foi desenvolvido pela ONG- O Instituto Ambiental em cooperação com a prefeitura municipal de Venda Velha dos Imigrantes e a empresa QUIMETAL, na comunidade de Vila Dordenone, distrito de Alto Caxixe, no Estado do Espírito Santo. Estão sendo levantados os dados necessários à caracterização do processo de construção, dos custos e da eficiência. O monitoramento é feito pela Faculdade Espírito Santense de Administração- FAESA, com recursos do Programa Petrobrás Ambiental. Também estão sendo monitorados a produção e o aproveitamento dos subprodutos dessa estação, e a integração comunitária.

O Biossistema recicla os esgotos de aproximadamente 500 pessoas, que participaram desde o início da implantação e da operação, sendo um pré-requisito para esse tipo de solução a adesão da comunidade, principalmente dos jovens, como forma de aproximação à realidade local e um meio de redução dos custos pela incorporação de recursos potenciais. Para sustentabilidade do projeto, foi construído um tanque com capacidade nominal de 58m<sup>2</sup>, para criação de tilápias, que é abastecido com águas residuárias e que devido às características ecológicas, não utiliza ração industrial ou qualquer fonte de nutrientes externos, apenas as algas presentes na lagoa como fonte alimentar para o crescimento das tilápias.

A capacitação de mão-de-obra local é uma importante etapa do projeto, pois assim se espera garantir a sustentabilidade do Biossistema e promover sua disseminação pelas comunidades do entorno. Além disso, a construção do tanque para criação de tilápias operado por moradores locais permitirá que as experiências adquiridas em todas as fases do projeto, sirvam de pólo de dispersão de conhecimento para recuperação das áreas vizinhas.

**FIGURA 21: Foto do Biossistema Integrado na Comunidade Vila Dordenone, Distrito de Alto Caxixe, no Estado do Espírito Santo**



FONTE: (OIA, S/D)

Alguns resultados recentemente divulgados, apesar de parciais, já servem como base para nortear, em comunidades semelhantes, futuros projetos visando à implantação de Biossistemas Integrados que reciclem os sub-produtos gerados pelo tratamento de esgotos, recuperando os ecossistemas naturais, envolvendo as comunidades beneficiadas em atividades de educação ambiental, e ainda gerando empregos e renda.

## **7.2 Experiências de Sistemas de Saneamento Ecológico ao Redor do Mundo**

### **7.2.1 Tratamento de Esgoto e Recuperação de Recursos Baseados na Utilização de Macrófitas (*Pistia lemnaceae*), Bangladesh.**

Em Bangladesh, uma ONG local, chamada PRISM Bangladesh, opera uma lagoa de estabilização de pequena escala, para o tratamento de esgotos domésticos utilizando macrófitas aquáticas como *Pistia* (Lemnaceae). O tratamento de efluentes líquidos baseado em *Pistia* foi introduzido em vários países com sucesso. A planta, cuja biomassa é rica em proteína, é colhida diariamente para alimentar os cultivos adjacentes que rendem de 12 a 16 toneladas de pescado por hectare por ano. Os resultados, nos últimos 5 anos de operação, demonstram que o sistema gera um lucro líquido de quase 2.000 dólares por ha ano. Para comparação, o lucro líquido máximo na produção de arroz em Bangladesh pode ser estimado em 1.000 a 1.400 dólares por ha ano. Uma avaliação financeira detalhada do tratamento de efluentes líquidos e da aqüicultura operada pela PRISM sugere que esse é o primeiro sistema que gera lucro líquido a partir do tratamento de esgoto doméstico. Isso é possível porque o custo do tratamento intensivo é combinado com a renda gerada pela aqüicultura. (GIJZEN, 1999)<sup>69</sup>

### **7.2.2 Estratégia Nacional para Promover o Saneamento Ecológico em Uganda**

Atualmente 87% da população de Uganda se situam em áreas rurais, em aldeias e pequenos centros comerciais. Apenas 50% da população que vive nas áreas mais urbanizadas têm acesso à água potável e uma porcentagem ainda menor tem acesso a instalações sanitárias adequadas.

Em resposta a esta situação foi criada uma estratégia nacional para fomentar o Saneamento Ecológico, envolvendo diversas instituições governamentais e não governamentais.

O Programa de Fornecimento de Água e Saneamento dos Povos do Sudoeste Africano foi formulado por uma Junta Diretiva sobre Aproveitamento de Água e a Divisão de Saúde Ambiental, em colaboração com Cooperação Austríaca para o Desenvolvimento. (TUSHABE, 2003)<sup>70</sup>

Esse projeto teve como objetivo geral melhorar as condições de vida da população em Uganda, garantindo melhores práticas de saneamento, higiene pessoal e segurança alimentar, mediante um manejo adequado do esgoto doméstico. Em particular, seu propósito foi oferecer opções tecnológicas de Saneamento Ecológico, como alternativa para áreas onde a construção de tecnologias convencionais obteve resultados escassos.

Em 2001 foram fornecidas instalações de abastecimento de água potável e saneamento ecológico em 19 pequenos povoados e centros rurais no sudoeste da Uganda. A segunda fase do projeto previu a cobertura de mais 30 povoados nos próximos seis anos.

De acordo com (TUSHABE, 2003)<sup>70</sup> do Ministério do Solo, Água e Meio Ambiente de Uganda, as lições aprendidas no âmbito dessa experiência são resumidas abaixo:

- É preciso destinar esforços muito maiores em campanhas de sensibilização e promoção;
- Deverão ser evitados os esquemas de saneamento subsidiado e, nos casos inevitáveis, que sejam feitos com cautela;
- Existe a necessidade de um programa de acompanhamento e monitoramento: especialmente durante o primeiro ano de operação, pois os usuários de sistemas ECOSAN novos requerem certas recomendações sobre a forma ótima para manter e operar suas instalações;
- É necessário prestar atenção à questão da reutilização segura das fezes e urina com finalidades agrícolas, e a importância de motivar os agricultores para que apreciem o valor dos nutrientes contidos no esgoto;
- O sanitário desidratador de câmara dupla foi considerada a opção tecnológica mais adequada para pequenos povoados, porém é fundamental mantê-lo seco para seu correto funcionamento, de modo a eliminar os patogênicos das fezes;
- Os principais elementos que impulsionam as famílias a decidir-se por um sistema ECOSAN são: a permanência das estruturas, o baixo odor, que a construção seja feita acima do nível do solo. Esta última é uma vantagem, sobretudo em casos de solos rochosos ou lugares onde o nível do lençol freático seja elevado;
- Existe a demanda de um serviço comunitário de construção, de recolhimento e de reciclagem das fezes secas e urina. Por conseguinte, existe também a necessidade de oferecer esses serviços aos usuários, a efeito de garantir um nível de comodidade semelhante aos sistemas tradicionais de fluxo e descarga;
- Podem ocorrer sistemas integrados com o aproveitamento das águas fluviais.
- A estratégia proposta para promover o saneamento ecológico em Uganda representa uma iniciativa coordenada, tanto para criar uma massa crítica de interessados diretos e instituições que participem na promoção do conceito ECOSAN, como para dirigir os limitados recursos que se dispõem.



## **CAPÍTULO 8 DISCUSSÃO**

O objetivo desse trabalho foi analisar as perspectivas de inclusão social a partir do componente tecnológico. Tomou-se como objeto as tecnologias de tratamento de esgotos domésticos, pois o acesso a esse serviço tem fortes impactos sobre a melhoria da situação da saúde da população e a qualidade dos serviços ofertados gera impactos às condições ambientais. Além disso, de modo geral, as decisões sobre o padrão tecnológico adotado, longe de serem neutras, são determinantes para compreender as diferenças nas relações de poder entre os cidadãos.

Isso fica claro, a partir da análise dos modelos de prestação de serviços de saneamento, revelando-se componentes importantes para se compreender as prioridades tecnológicas da área.

Em suma, a expansão dos serviços de saneamento se configurou, prioritariamente, em bases empresariais, quase inexistindo o controle social. Essa orientação possibilitou alguma expansão dos serviços, mas ainda longe de atingir níveis satisfatórios, principalmente, no atendimento a pequenas cidades, periferias urbanas e áreas rurais.

A relevância desse estudo deveu-se, sobretudo, porque, apesar dos temas tratados estarem, de certa forma, interligados; muitas vezes, não são apresentados e analisados de forma conjunta. Portanto, procurou-se nesse trabalho, identificar e valorizar o sentido transformador atribuído ao conceito de Tecnologia Social adotado. Pois, podem proporcionar uma reconversão ideológica das propostas de inclusão social, comumente, tratadas como políticas de caráter focalizado e compensatório.

Após esta contextualização, foram apresentadas algumas perspectivas deste referencial teórico, de modo a contribuir para o objetivo de universalização dos serviços públicos de esgotamento sanitário no Brasil.

Percebeu-se, de antemão, que a coleta e disposição de esgotos são essenciais para o controle da transmissão de doenças e para a prevenção da degradação ambiental. E que, em termos de tecnologias para coleta e tratamento de esgotos, a Engenharia Sanitária domina várias técnicas que podem propiciar qualquer grau de remoção de patógenos, até a total desinfecção, logicamente a custos variados.

Com base nas informações disponíveis, pôde-se constatar que, apesar do atual nível de conhecimento sobre as tecnologias de tratamento de esgotos no Brasil, a maioria é eficiente, apenas, no que se refere à remoção de DBO, DQO e Sólidos em Suspensão. E que, não produzem um efluente compatível com os padrões de qualidade exigidos pela legislação, em termos de Nitrogênio, Coliformes termotolerantes e, principalmente, Fósforo. Necessitando, de tratamentos terciários avançados, para alcançar padrões de remoção, extremamente, restritivos já atingidos em países desenvolvidos.

Como resposta a essas exigências, adotou-se como estratégia, a garantia da qualidade do efluente por etapas, no sentido de viabilizar um atendimento gradativo aos padrões de qualidade do tratamento de esgotos. A evolução gradual da qualidade do efluente tratado visava reduzir os custos de implantação da ETE e, ainda, permitir a adoção de novas alternativas tecnológicas. Não havendo, portanto, empecilhos tecnológicos.

Apesar disso, estima-se que apenas cerca de 20% da população brasileira tenham seus esgotos tratados, sobretudo, nos centros urbanos. Portanto o domínio de tecnologias para tratamento de esgotos, apesar de ser uma condição necessária, não é condição suficiente para a universalização de ETEs.

Questionaram-se, assim, os motivos que levaram a tamanho descompasso, para, por fim, acenar possíveis perspectivas de superação desse quadro.

Nesse sentido, o propósito dessa dissertação passou a ser um grande desafio: identificar perspectivas de incentivo, valorização, desenvolvimento e utilização de Tecnologias Sociais e Ecológicas em saneamento, pois, acredita-se que, para viabilizar a universalização do atendimento, deve-se construir uma agenda de integração das tecnologias que podem estruturar soluções mais amplas, menos parciais, e formar mercados solidários que proporcionem novos direcionamentos, mais adequados. Levando-se em consideração que cada população a ser beneficiada possui características distintas e nem sempre as ações de saneamento podem ser orientadas da mesma forma.

O caminho inicial utilizado foi apresentar uma revisão dos marcos conceituais do saneamento. A análise histórica sugeriu que houve uma progressiva alteração na forma como esse setor tem sido visualizado e assumido pelo Estado. Devido a inúmeros fatores, tais como: a preocupação com o controle de doenças, os processos econômicos, políticos, sociais, culturais e de visão de estado predominante de cada época.

Chamou a atenção, a diferença de abordagem entre saúde pública e meio ambiente, pois se revelam fundamentais para se compreender as distintas formas de planejamento das ações de saneamento ao longo da história.

No que se refere à questão dos serviços de tratamento de esgotos, tradicionalmente, a preocupação na abordagem sanitária, centrava-se no controle da poluição hídrica, pois as modificações nas qualidades químicas, físicas ou biológicas da água, poderiam afetar diretamente o homem ou prejudicar a sua utilização por ele. Já a abordagem ambiental define poluição como as alterações nas qualidades e quantidades da água que causa ruptura nos ecossistemas aquáticos.

O primeiro conceito, de caráter antropocêntrico, só identifica a poluição, como algo indesejável, quando afeta o homem e suas atividades. Por outro lado, na concepção ambiental a poluição é encarada de forma mais abrangente, pois leva em consideração o equilíbrio ecossistêmico.

A importância de se destacar as diferenças dessas abordagens, deveu-se a forma como são pensadas e executadas as estratégias de controle das qualidades ambientais. Assim, para a primeira concepção, sanear é dotar o ambiente de condições satisfatórias ao homem. Logo, propõe para isso o fornecimento regular de serviços básicos como o abastecimento de água, recolhimento de lixo e esgotos, etc. Mas, sem se preocupar com as conseqüências das alterações sofridas pelo ambiente em decorrência dessas transformações. Já a concepção ambiental, demonstra que, em virtude das intensas transformações ocorridas no meio, se não forem tomadas medidas de preservação e redução dos impactos, pode-se estar levando ao esgotamento da capacidade de resiliência do meio ambiente, comprometendo, inclusive, a sobrevivência da espécie humana. Portanto, sob esse ponto de vista o conceito ambiental se sobreporia ao conceito sanitário de poluição.

Assim, ao longo do tempo, verificou-se uma evolução do conceito de saneamento, saindo de sua concepção sanitária clássica, com enfoque eminentemente sanitarista, em que o saneamento era concebido como uma ação de saúde pública (Saneamento Básico). Passando a englobar uma abordagem ambiental, que visa promover a saúde do homem, mas, também, a conservação do meio físico e biótico (Saneamento Ambiental). Entretanto, a mudança conceitual não foi suficiente para modificar o modelo das políticas de saneamento.

A estrutura atual dos arranjos financeiros para serviços de tratamento de efluentes induz as prestadoras de serviço de saneamento básico, normalmente, a oferecerem apenas um nível de serviço, que é, geralmente, uma tecnologia convencional que requer altos investimentos.

Supondo que se mantenham os atuais conceitos tecnológicos de esgotamento sanitário, propostos pelo PMSS, o qual sugeriu para população urbana inferior a 5.000 habitantes a solução de fossa séptica seguida de infiltração ou lagoas de estabilização; para municípios pequenos com população urbana até 40.000 habitantes o tratamento por reator anaeróbio de fluxo ascendente, seguido de lagoa de estabilização; e, para municípios grandes, com população urbana acima de 400.000 habitantes o tratamento dos esgotos por lodos ativados. (BRASIL. Ministério das Cidades/SNSA, 2003)<sup>27</sup>

Segundo o próprio PMSS, a estimativa de investimento para expansão de sistemas de água e esgotos até 2020 é da ordem de R\$111 bilhões, sendo que, desse montante, 68% são previstos para a expansão de sistemas de esgotos, e destes, 78% referem-se aos sistemas de coleta de esgoto do tipo separador absoluto. (BRASIL. Ministério das Cidades/SNSA, 2003)<sup>27</sup>

Claramente, o governo não dispõe desses recursos, mas, freqüentemente, insiste que o nível de serviços não deve ser diferenciado e que todos os usuários devem ter acesso aos mesmos serviços.

Como resultado, ocorre um descompasso entre os serviços oferecidos pelas prestadoras de saneamento básico, a demanda do governo e as necessidades dos consumidores.

O esforço realizado serve para reforçar o argumento de que, os modelos das políticas de saneamento, por terem sido orientadas, quase, exclusivamente, em bases empresariais, têm levado as agências prestadoras a estarem mais orientadas ao agente financiador do que aos usuários, aos quais deveria servir.

Por isso, a importância da análise da dimensão política em exame, pois ao longo da história a relação entre o setor público e a iniciativa privada pôde ser percebida em diferentes situações, tais como: na identificação de grupos de interesse envolvidos; em disputas de cargos e em processos licitatórios; em *lobbies* para a aprovação de determinados projetos, todos com o objetivo de tentar costurar alianças para alcançar objetivos econômicos.

Então, percebe-se, claramente, que uma parte significativa dos problemas de carências de infra-estrutura de esgotamento sanitário só é justificável se for considerada a participação de importantes agentes articulados à produção do espaço urbano, com ênfase àqueles grupos ligados ao capital imobiliário, em interface com o Estado, em particular as firmas de consultoria. Esses atores tendem a comandar, direta ou indiretamente, a formulação e orientação das intervenções para a cidade segundo seus interesses, garantindo não apenas a manutenção continuada da acumulação capitalista, mas também promovendo um incremento de seus mecanismos de reprodução através da expansão urbana.

Dessa forma, as obras de infra-estrutura urbana assumem uma condição singular como elo entre o Estado e a atuação do capital imobiliário, no processo de produção e transformação capitalista.

Portanto, a abordagem deste modelo histórico de transformação, pelo qual passa a Área Saneamento, não pode estar reduzida à discussão do marco regulatório, muito menos a exigência de investimentos elevados. Há uma questão estrutural a ser enfrentada e que explica em grande medida a atual crise, trata-se do processo decisório do setor que, historicamente, excluiu a participação da sociedade do processo decisório.

A manutenção, desde meados dos anos 1980, de um modelo sócio-econômico e político-institucional com os contornos acima delineados, tem por base a adoção de tecnologias com um propósito de reprodução ampliada do capital a qualquer custo social.

Por esse ponto de vista, a tomada de decisões em relação ao padrão tecnológico estaria relacionada à capacidade de controlar decisões de natureza técnica. Pois, a tecnologia introduz a necessidade de métodos e técnicas de modo a desqualificar o trabalho e o trabalhador direto, por meio da mecanização, assim, reforçando as relações de poder e o controle das forças de organização social. Dessa maneira, a escolha entre alternativas técnicas é feita não em função de critérios técnicos, e sim sociais. Isto é, ao introduzir inovações, o capitalista não estaria buscando só a acumulação de capital, mas também o controle do processo de produção. Logo, suas decisões técnicas seriam tomadas tendo o objetivo de reforçar seu poder e manter a capacidade de tomar, no futuro, decisões semelhantes. Assim, a posse da iniciativa técnica (ou controle das decisões de natureza técnica) possui um poder de determinação semelhante e complementar à posse do capital.

Essa situação permite entender o modo específico através do qual se dá o conflito social na esfera técnica. E explica, parcialmente, o porquê, não se empregam alternativas técnicas que promovam a emancipação dos trabalhadores, pelo contrário, tende-se quase sempre a escolher as tecnologias que favoreçam o controle social por parte dos capitalistas.

Essa lógica fica explícita, quando o interesse do setor privado se volta para o novo produto da Área Saneamento: o tratamento de esgotos sanitários. Pois, os avanços da produção capitalista requerem a transformação dos recursos naturais (*commodity*) e dos serviços em mercadorias passíveis de apropriação privada.

Para isso, é determinante que no campo político sejam delimitados o escopo e os mecanismos de controle, a partir da análise dos interesses em jogo. No campo técnico sejam definidos os modos de atuação, ou seja, o como fazer. No campo econômico sejam determinadas as formas de alocação e definidas quantidades e qualidades para a distribuição dos bens e serviços. Já o campo social refere-se à esfera da demanda e do consumo dos serviços.

Portanto, o desenvolvimento de políticas setoriais como de recursos hídricos, saneamento, meio ambiente, desenvolvimento urbano, entre outros tem se restringido a aspectos institucionais, sem estabelecer uma relação clara entre exploração econômica e meio ambiente e exploração político-econômica da sociedade. Deixa-se, assim, de reconhecer que a degradação ambiental causada pelas exigências do desenvolvimento, nada mais é do que a outra face da degradação social causada pela exploração da maioria da população.

Ignora-se que o modelo econômico dominante tem levado a um progressivo estranhamento entre sociedade e meio ambiente, ao mesmo tempo em que tem provocado um distanciamento entre grupos sociais. Gerando, de um lado, a acumulação de riquezas nas mãos de poucos, e, de outro, a degradação ambiental e a injustiça social.

Essa tentativa de associar a agenda da Área Saneamento com as relações estruturais de poder expõe que, a reforma em curso não tenta responder aos graves problemas sociais e ambientais relacionados à falta de serviços de saneamento, mas, pelo contrário, busca minimizar conflitos e manter a acumulação de capital.

Portanto, pensar alternativas efetivas para a superação de tais problemas, requer mudanças estruturais nos padrões econômicos de produção e consumo, as quais precisam estar alinhadas com uma profunda reconfiguração do papel desempenhado pelo Estado na configuração das políticas públicas, nos padrões de desenvolvimento econômico e nas relações de trabalho.

Nesse sentido, a busca de alternativas ao modelo dominante de gestão dos serviços de saneamento requer uma transformação no uso do ambiente, que é parte de mudanças mais gerais nas relações de poder. Propõe-se que, ao invés de subordinar o acesso aos serviços de saneamento, exclusivamente, nas transações de mercado sejam incluídos programas que valorizassem a participação ativa e consciente dos atores locais, como forma de protagonizar um processo de mudança.

Como forma de resistência à idéia de que, os serviços de saneamento sejam tratados como uma mercadoria defende-se o desenvolvimento de programas voltados para a implantação de tecnologias construídas socialmente, no sentido de que, os grupos consumidores, os interesses políticos e outros similares influenciem não apenas a forma final, que toma a tecnologia, mas em seu conteúdo.

Portanto, para que se possa construir uma sociedade distinta, é de essencial importância que a tecnologia seja modificada. Dessa maneira, emerge o conceito de Tecnologia Social, como alternativa à Tecnologia Convencional, sendo necessária a criação das condições para geração de uma nova cultura institucional, de modo a tornar essa mudança possível.

De modo geral, essa corrente apresenta elementos comuns de várias correntes que formaram o movimento das denominadas Tecnologias Alternativas, também conhecidas como Tecnologias Simplificadas.

Entretanto, é importante ressaltar que a passagem do padrão apoiado na Tecnologia Alternativa, para um padrão diferente, baseado na Tecnologia Social implicaria em mudanças nas dimensões processual, ideológica e de operacionalidade que não se encontrava presente naquele movimento. Implica transcender a visão estática normativa, de produto já idealizado, e introduzir a idéia de que a tecnologia é em si um processo de construção social e, portanto, político (não apenas um produto) que terá de ser operacionalizado nas condições dadas pelo ambiente específico onde irá ocorrer.

Nesse sentido, a Tecnologia Social pode ser entendida como um processo que busca promover uma adequação do conhecimento científico e tecnológico (esteja ele incorporado em equipamentos, insumos e formas de organização da produção), não apenas aos requisitos e finalidades de caráter técnico-econômico, como até agora tem sido o usual, mas ao conjunto de aspectos de natureza sócio-econômica e ambiental que constituem a relação Ciência, Tecnologia e Sociedade, sendo esse processo denominado de “Adequação Sóciotécnica”.

A relevância dessa iniciativa decorre, portanto, da percepção de que não basta agir apenas no espaço social contraposto ao espaço econômico, mas de agir no espaço sócio-econômico de uma forma que privilegie os resultados que podem ser apropriados coletivamente, sejam em termos econômicos (tangíveis), sejam em termos sociais e ambientais (intangíveis), como elementos geradores de riquezas.

Outra característica interessante da Tecnologia Social é a formação de redes, como forma de integrar os movimentos e fortalecer a crescente consciência que vem alcançando os atores que buscam formas alternativas à Tecnologia Convencional. Esse aspecto é desejado por proporcionar sustentabilidade econômica aos empreendimentos autogestionários em relação à economia formal e, em consequência, alavancar a expansão da Economia Solidária.

Destacam-se, nesse processo, as iniciativas da Rede de Tecnologias Sociais, do Instituto de Tecnologias Sociais, da Fundação Banco do Brasil, da Rede de Economia Solidária e das Incubadoras Tecnológicas de Cooperativas Populares, etc.

Como desafios para que a Tecnologia Social possa ser implementada é necessário transpor alguns obstáculos. O primeiro é a oposição dos grandes proprietários de terras e empresários, que teriam seus instrumentos de exploração sobre os trabalhadores enfraquecidos. Outro foco de resistência diz respeito ao conjunto de valores já sedimentados na sociedade, que criam uma falsa imagem de “progresso” focalizado na “alta qualidade” da “pesquisa de ponta” ou *hitec*, monopolizada pelas grandes empresas dos países centrais.

Esbarra também, na legitimação perante a comunidade de pesquisa, pois se contrapõe aos interesses corporativos que se orientam numa cadeia linear de inovação, iniciando na pesquisa básica, depois na aplicada, depois no desenvolvimento tecnológico e, por fim o econômico e o social.



Seguindo uma lógica ofertista, evidenciada pelos tipos de arranjos institucionais construídos e inspirados nas políticas de ciência e tecnologia adotadas pelos países desenvolvidos. Portanto, claramente destinadas ao desenvolvimento da Tecnologia Capitalista Convencional, mesmo quando são voltadas para áreas sociais como saúde, saneamento e educação.

Por fim, existem obstáculos ao avanço da Tecnologia Social dentro do próprio aparato do Estado, determinado pela tendência conservadora por parte de alguns dirigentes governamentais em adotar posturas mais criativas e inovadoras. Com isso, a Tecnologia Social acaba sendo descartada, mesmo que se mostre mais interessante do que a Tecnologia Convencional Capitalista.

Sem dúvida, a superação desse conjunto de obstáculos, conforme demonstrado acima tem função decisiva na construção de uma sociedade apoiada na Tecnologia Social.

Com base na trajetória da área de esgotamento sanitário no Brasil, dada a situação de acesso aos serviços, mas, sem pretender de maneira nenhuma esgotar o tema, justifica-se o desenvolvimento de Tecnologias Sociais como forma de contribuir na identificação de melhores estratégias para universalização do acesso aos serviços de tratamento de esgotos.

Há na atualidade um amplo campo para o desenvolvimento de tecnologias para tratamento de esgotos, que poderia ser considerada como Tecnologia Social, em particular, nas diversas modalidades de soluções denominadas de Saneamento Ecológico.

Procurou-se destacar as características dessa experiência, pois podem ser consideradas orientadoras na identificação de possibilidades de propostas de projetos e programas de Tecnologias Sociais e Ecológicas em Saneamento.

A proposta de utilizar Tecnologias Sociais em Saneamento como definição mais adequada para provisão de sistemas de esgotos, que seguem a idéia do Saneamento Ecológico, deve-se, justamente, à concepção de que algumas mudanças são necessárias na condução da política para a Área Saneamento. Principalmente, para que ocorra a integração entre as ações de saneamento, saúde pública, desenvolvimento urbano e meio ambiente, considerados como ingredientes que devem nutrir o planejamento das ações da Área.

Além disso, devido as suas características, os investimentos nas Tecnologias Sociais e Ecológicas em Saneamento, baseados no enfoque do Saneamento Ecológico, podem contribuir para a criação de oportunidades de emprego, trabalho e renda, de forma a ajudar no combate à pobreza e na redução das desigualdades sociais, sem onerar demasiadamente os cofres públicos.

Certamente, trata-se de uma solução com potencial revolucionário para o atendimento populacional, tanto pela sua concepção física quanto pelo seu modelo gerencial.

Do ponto de vista físico, a Tecnologia Social e Ecológica em saneamento não favorece uma tecnologia específica, mas se entende que o esgoto gerado deva ser tratado em sistemas descentralizados próximo de sua fonte, não sendo necessário sistemas de rede coletora extensas, poços de visita, elevatória de esgotos, e emissários, não implicando, no entanto, na limitação de vazão ou do número de fontes geradoras de esgoto.

Em termos de lógica gerencial requer uma mudança de enfoque que, geralmente, se tem dado às Tecnologias Convencionais centralizadas, assim como os sistemas individuais tipo “fim de linha”, por serem considerados inexequíveis ou inadequados.

As Tecnologias Sociais e Ecológicas em saneamento são baseadas em modelos ecológicos e no fechamento do ciclo entre o saneamento, a agricultura e a aquicultura. Seus principais objetivos são: a) reduzir os riscos de enfermidades relacionadas com os esgotos; b) prevenir a poluição das águas superficiais e subterrâneas; c) prevenir a degradação da fertilidade dos solos; d) aperfeiçoar o manejo de nutrientes contidos no esgoto e a gestão dos recursos hídricos.

Fechar o ciclo significa recuperar os nutrientes, o material orgânico e a energia contida no esgoto, para sua posterior reutilização na agricultura. Para não por em risco, nem comprometer a saúde deve-se garantir um tratamento apropriado e manipulação do material. Ao recuperar os micronutrientes e a matéria orgânica como fertilizantes na agricultura, se recompõem os ciclos naturais e a estrutura do solo, apoiando e melhorando a produção e a segurança alimentar.

A Tecnologia Social e Ecológica em saneamento parte do princípio de sustentabilidade da agricultura familiar, o que remete ao estudo da economia numa outra lógica. Pois, os economistas convencionais, com suas metodologias quantitativas, não consideravam a importância da natureza. Por outro lado, os ecologistas convencionais acabaram esquecendo o ser humano enquanto sujeito de relações, acentuando sua discussão somente na ótica da natureza.

Assim, a Tecnologia Social e Ecológica adota a perspectiva da chamada economia ecológica por constituir um pressuposto de análise coerente com os conceitos de desenvolvimento sustentável. Na perspectiva da economia ecológica, a economia passa a ser encarada como um subsistema dentro de um ecossistema maior, o que implica o entendimento de que o crescimento econômico precisa, obrigatoriamente, estar em harmonia com outras dimensões do desenvolvimento. Esse conceito se apóia na discussão sobre a integração de conceitos biofísicos nas teorias econômicas que tratam a questão ambiental, principalmente, nas leis da termodinâmica que incluem a lei da entropia, influenciando a teoria econômica a se preocupar com a inter-relação entre economia e natureza.

A lógica econômica orienta-se no sentido de aumentar a produtividade e suprir o fator limitante, que durante muito tempo foi o capital. Por isso, foram desenvolvidas várias tecnologias no sentido de maximizá-lo, utilizando intensamente os recursos naturais, sacrificando-os. Atualmente essa lógica precisa ser invertida, uma vez que os investimentos precisam ser direcionados para a reconstituição dos recursos naturais, desenvolvendo tecnologias que possam maximizar sua produtividade, visto que é o novo fator limitante. Portanto, é preciso potencializar o uso dos recursos e não utilizá-los, simplesmente, em função do crescimento econômico. É nesse debate que se insere a Tecnologia Social e Ecológica em saneamento, como princípio para o desenvolvimento sustentável, a partir do manejo das tecnologias de tratamento de esgotos com o objetivo de reuso na agricultura familiar, seja rural ou urbana.

Percebe-se, assim, que a questão dos recursos naturais passa a ser intrinsecamente relacionada ao desenvolvimento sustentável. Em se tratando do saneamento, onde a relação com a natureza se manifesta de forma dialética, esta problemática remete à discussão de novas tecnologias e processos de gestão. A Tecnologia Social e Ecológica, portanto, não como discurso apaixonado da natureza, mas identificado como alternativa de gestão sustentável pode contribuir decisivamente para a universalização dos serviços de tratamento de esgotos, através da utilização de tecnologias ecologicamente e socialmente adequadas às condições locais.

Para a adoção de tecnologias de tratamento de esgotos coerentes com as Tecnologias Sociais e Ecológicas, é necessário um novo paradigma, que possa privilegiar as seguintes características:

- Holismo e integração dos seres vivos;
- Integração entre saberes;
- Concepção de ser humano como sujeito interado em todo o processo;
- Prioridade pela qualidade de vida das pessoas;
- Sustentabilidade;
- Visão diferenciada das relações do ser humano com a natureza.

Com base nesse entendimento pode-se definir o conceito de Tecnologias Sociais e Ecológicas em saneamento como *“o conjunto de tecnologias e de processos gerados num determinado contexto sócio-cultural, pela pesquisa científica e tecnológica, assim como aquele resgatado das práticas empíricas das distintas frações das classes sociais que, atendendo a determinados critérios de sanidade e de sustentabilidade, sejam adequados a minimizar/solucionar problemas advindos da falta de água tratada para o consumo humano, inexistência ou precariedade dos serviços de esgotamento sanitário e tratamento/destino final de resíduos sólidos, de modo a gerar diferentes processos de trabalho visando à reutilização dos resíduos produzidos pelas atividades humanas”*.

A idéia básica precisa ainda de diversas variações e adaptações nas regiões específicas, podendo adotar ações de organização comunitária como a autogestão, ou de um coletivo de trabalhadores, ou uma combinação de ambos, evitando sua entrega pura e simples ao setor privado. Nesse caso, não se estaria rejeitando o modelo privado, mas sim, buscando adaptá-lo de um modo que garantisse a equidade na distribuição de serviços básicos, essenciais para a qualidade de vida da população.

Conforme já apontado, foram realizados nos últimos anos avanços significativos em pesquisas de tecnologias para tratamento de esgotos adequados a diversas modalidades de reuso da água, com destaque para o PROSAB. Esses avanços deram-se, por exemplo, em processos de tratamento de esgotos que privilegiassem as alternativas mais simplificadas, de menor custo e de maior sustentabilidade, em sistemas isolados ou como sistemas combinados. Contudo, essas soluções são mais afeitas a sistemas do tipo “end of pipe”, ou seja, com ETEs localizadas nas extremidades das redes coletoras. Também, ocorreram progressos na avaliação de condições operacionais de sistemas existentes e em desenvolvimento de instrumentos de suporte à decisão para a escolha de técnicas de tratamento segundo diferentes critérios.

No Brasil, a implantação e operação de sistemas de tratamento que visam a reciclagem, ainda estão na fase de experiência, sendo fundamental o fomento de projetos pilotos para fornecer maiores subsídios, tanto no que se refere aos padrões e práticas, quanto aos ganhos materiais (econômicos) e imateriais (ambientais e sociais) decorrentes dessas práticas.

Vale ressaltar que ainda são necessárias pesquisas tecnológicas e de desenvolvimento institucional, que favoreçam o maior emprego de Tecnologias Sociais e Ecológicas em saneamento.

Do ponto de vista institucional e de gerenciamento, devem ser desenvolvidos procedimentos, métodos e indicadores que dêem suporte à decisão sobre o uso de Tecnologia Social e Ecológica em saneamento.

Existe também um conjunto de fatores não estritamente tecnológicos, que tem um papel fundamental na construção de valores sócio-culturais na adoção de Tecnologias Sociais e Ecológicas em Saneamento. Dentre eles, uma questão emblemática nas ações de saneamento refere-se à apropriação das soluções tecnológicas de saneamento pela população, pois tem implicação na operação e manutenção dos sistemas. Faz-se necessário o desenvolvimento de ações de mobilização comunitária e educação sanitária e ambiental, quando da intervenção em saneamento. Pois, as mudanças cotidianas na relação do indivíduo com o meio ambiente só são possíveis quando lhe é dada a oportunidade de ter acesso a informações relevantes das consequências da sua ação frente ao mesmo, e assim, contribuir no enfrentamento dos problemas e na busca de soluções.

Nesse sentido é fundamental desenvolver ações nos campos de transferência de tecnologia, formação e treinamento dos agentes envolvidos (empreiteiros, poder público e comunidade), contribuindo para sua sustentabilidade e de modo a prevenir riscos à saúde da população atendida e à jusante.

Outro fator que se deve considerar é o nível de renda da população, pois representa um limitador à prestação dos serviços, portanto, é preciso conceber serviços de apoio financeiro, através de programas de micro-crédito, possibilitando investimentos e proporcionando o aumento da renda dos usuários.

Tais soluções, apesar de atuais e necessárias, ainda não dispõem de metodologias adequadas para avaliação de projetos de saneamento baseados em Tecnologias Sociais e Ecológicas, permitindo verificar as mudanças positivas geradas no cenário socioeconômico em que se aplicam, assim, comprometendo a liberação de investimentos para esse tipo de projeto. Tal desafio insere-se na questão maior da construção de indicadores adequados na área de Ciência e Tecnologia, onde nem sempre os resultados produzidos são facilmente mensuráveis, justamente, por serem ativos intangíveis.

## **CAPÍTULO 9 CONSIDERAÇÕES FINAIS**

A reflexão sobre o padrão tecnológico para o fornecimento de serviços de tratamento de esgotos domésticos proporcionou um amplo entendimento acerca das contradições inerentes às decisões que afetaram os níveis de atendimento dos serviços de esgotamento sanitário no Brasil.

É de grande importância à discussão de soluções mais condizentes com a nossa realidade, que promovam a cooperação, a solução de conflitos e facilitem a harmonização de políticas a serem desenvolvidas em diferentes escalas territoriais procurando, assim, melhorar as condições de saúde e qualidade ambiental.

Nesse sentido, esse trabalho identificou possíveis perspectivas de incentivo, valorização, desenvolvimento e utilização de Tecnologias Sociais e Ecológicas em saneamento, contidos no marco legal do setor, instituído pela Lei Nº11. 445/07<sup>3</sup>, que estabelece as diretrizes nacionais para o saneamento básico e para a política federal de saneamento básico.

Em primeiro lugar, deve-se considerar que as ações que promovam Tecnologias Sociais e Ecológicas implicam em soluções coletivas, portanto devem ser institucionalizadas pelos órgãos titulares dos serviços públicos de saneamento básico. Apesar da Lei não indicar claramente o uso de Tecnologias Sociais para tratamento de esgoto, no que diz respeito à limpeza urbana e manejo de resíduos sólidos, menciona a possibilidade de tais serviços a serem executados por meio de associações ou cooperativas formadas, exclusivamente, por pessoas físicas de baixa renda. Percebe-se assim, o reconhecimento dos benefícios sociais advindos dessa modalidade de prestação de serviços públicos.

Constatou-se que, embora a supracitada Lei seja recente e apresente definições de forma generalista, necessitando ainda de leis complementares que a regulamente, apresenta mecanismos que poderiam viabilizar a utilização de Tecnologias Sociais e Ecológicas em saneamento pelos titulares dos serviços. Nas Diretrizes da Política Federal de Saneamento são apontadas ações prioritárias que promovam a equidade social e territorial no acesso ao saneamento básico (art.48- inciso I) e ainda prevêm a garantia de adoção de meios adequados para o atendimento da população rural dispersa através da utilização de soluções compatíveis as suas características econômicas e sociais (art. 48- inciso VIII).

Sugere, ainda, que a aplicação dos recursos dê-se segundo critérios de promoção da salubridade ambiental, de maximização da relação benefício-custo e de maior retorno social (art. 49- inciso V). Cita a necessidade de fomentar tecnologias apropriadas e a difusão dos conhecimentos gerados (art. 49- inciso IX). Menciona que a implantação e desenvolvimento de ações, obras e serviços sejam executadas de acordo com as normas de proteção ambiental, de uso e ocupação do solo e à saúde. (art. 49-inciso X) Prevê também que, em sua elaboração, sejam recebidas sugestões e críticas por meio de consulta e audiência pública, indicando uma tendência de ampliação da participação na sua formulação, favorecendo a proposição de programas, projetos e ações que incluam soluções que apontem para a adoção de TS.

Não é demais lembrar que a idéia de Tecnologia Social é um conceito novo que engloba técnicas, produtos e metodologias com potencial para serem reaplicáveis, elaboradas a partir da interação com a comunidade e que representam soluções efetivas de transformação social. Então, o que distingue a Tecnologia Social é o fato de que ela se apóia no desenvolvimento de uma boa idéia de solução social e considera a participação coletiva em seu processo de organização, planejamento e implementação, podendo nascer do saber popular, ou de conhecimento científico. Importa que seja efetiva e, depois de testada, alcance o objetivo que se dispôs a cumprir. Também precisa ser reaplicável em diferentes regiões, com as adaptações necessárias, propiciando o desenvolvimento social em larga escala.

Essa reflexão é semelhante tanto para o campo do saneamento como outros campos, pois reforça a idéia de que a escolha tecnológica é condicionada por aspectos técnicos, mas, também, econômicos, políticos e sociais.

Enfim, essa avaliação, em linhas gerais, alcançou o objetivo principal que se propôs, ao identificar caminhos possíveis para institucionalizar as opções tecnológicas que sejam socialmente inclusoras, e que desenvolvam processos econômicos ecologicamente sustentáveis.

A seguir, serão esboçadas algumas estratégias a partir do que pôde ser extraído do marco legal instituído pela Lei Nº 11.445/07<sup>3</sup>. Sendo, o foco direcionado à ações que possam promover mudanças culturais, privilegiando tecnologias sociais com vista à universalização dos serviços de tratamento de esgotos no Brasil.



## CAPÍTULO 10 APONTAMENTOS

Considerando tais perspectivas, serão apresentadas abaixo algumas estratégias relacionadas à implantação, ampliação e manutenção dos serviços de tratamento de esgotos em áreas destituídas desse serviço, que incentivem o uso de Tecnologias Sociais e Ecológicas. Vale lembrar que as soluções devem ser integradas aos planos de bacias hidrográficas, pois devem ser compatíveis com as características econômicas, sociais e ambientais peculiares:

- Estratégia 1: Promover a regulamentação do uso e da ocupação do solo, pois é necessário a disponibilidade de espaços para a implantação de tecnologias descentralizadas, afim de possibilitarem a prática de reuso dos subprodutos advindos do tratamento do esgoto. (Agricultura urbana e Aqüicultura);
- Estratégia 2: Aperfeiçoar o desenvolvimento institucional para o fortalecimento da participação dos usuários na gestão dos serviços que envolvam Tecnologias Sociais e Ecológicas em saneamento;
- Estratégia 3: Estimular programas de formação que envolvam projetos de extensão universitária, articulados com o Programa de educação ambiental e mobilização social em saneamento - PEAMSS, afim de promover mudanças culturais no que tange ao desperdício e, fomentando a construção de indicadores adequados ao monitoramento dos benefícios advindos do desenvolvimento de padrões tecnológicos sustentáveis;
- Estratégia 4: Desenvolver a aplicação de instrumentos econômicos, visando estimular a parceria com a iniciativa privada, assegurando padrões de produção e de consumo dos produtos advindos de projetos de Tecnologias Sociais e Ecológicas, procurando contribuir, dessa maneira, para a promoção da equidade, da eficiência e da salubridade ambiental, com o objetivo de melhorar a qualidade de vida da população e a sustentabilidade dos projetos.

O esforço de sistematização desse trabalho, por um lado, diagnosticou a partir da identificação de eventuais lacunas possíveis para estratégias de adoção de Tecnologias Sociais e Ecológicas, aproveitando convenientemente as possibilidades de aperfeiçoamento das políticas já em curso no país. Por outro, apontou novas estratégias e instrumentos que possibilitem a universalização dos serviços de tratamento de esgotos, de modo a compatibilizar aspectos relacionados à sustentabilidade ambiental.

Identifica-se como fator limitante nesse estudo, para consolidação das estratégias enunciadas, um maior detalhamento e o exame mais aprofundado de cada proposição, pois implica na sistematização de fatores como o potencial de integração com as demais políticas públicas setoriais (saúde, meio ambiente, recursos hídricos, políticas urbanas, etc.).

Além disso, devido à necessidade de introduzir mudanças substantivas na formulação e na implantação das políticas públicas de saneamento, demandam um horizonte de tempo necessário à sua implementação. Do mesmo modo, por apontarem novas possibilidades, necessitam de instrumentos que assegurem a vinculação institucional responsável pela sua adoção.

Sugere-se que novas pesquisas sejam desenvolvidas nessa área, com a finalidade de testar a aplicabilidade das Tecnologias Sociais e Ecológicas, avaliando os custos e benefícios proporcionados pelo conjunto de estratégias direcionadas para aspectos sociais, institucionais, legais, econômicos e tecnológicos, que favoreçam a inserção de Tecnologias Sociais e Ecológicas no Plano Nacional de Saneamento Básico. Assim, espera-se que a incorporação de projetos e empreendimentos que favoreçam a utilização de Tecnologias Sociais e Ecológicas complemente as ações necessárias para atingir os objetivos da Política Federal de Saneamento Básico.

## CAPÍTULO 11. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. TRIGUEIRO, A. Mundo Sustentável: Abrindo Espaço na Mídia para um Planeta em Transformação - São Paulo: Globo, 2005.p.19.
2. ESREY S.A; Gough J; Rapaport D, et al. Ecological Sanitation. Stockholm: SIDA, 1998. 92 p.
3. BRASIL. Lei Nº 11.445, de 05 de janeiro de 2007. Estabelece as diretrizes nacionais para o saneamento básico e para a política federal de saneamento básico. Diário Oficial da União de 08 de janeiro de 2007. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br>. Acesso em 30 de agosto de 2007.
4. LAKATOS, E. V. Metodologia do trabalho científico: procedimentos básicos, pesquisa bibliográfica, projeto e relatório, publicações e trabalhos científicos. 6. ed. São Paulo: Atlas, 2001.
5. GOUDENBERG, M. A. Arte de Pesquisar: Como fazer pesquisa qualitativa em Ciências Sociais. Rio de Janeiro: Record, 1997. 101 p.
6. HELLER, L. Saneamento e Saúde. OPAS/OMS- Representação do Brasil, 1997.
7. SANTOS JUNIOR & PORTO. Políticas de Saneamento Ambiental: Inovações na Perspectiva do Controle Social. Rio de Janeiro, RJ: FASE, 1998. 246 p.
8. BRASIL. Ministério da Saúde. Fundação Nacional de Saúde. Manual de Saneamento. 3. ed. rev. Brasília: Fundação Nacional de Saúde, 2004. 408 p.
9. BORJA, P. C. Saneamento como um Direito Social. Disponível em: [www.semasa.sp.gov.br/adimin/biblioteca/docs/pdf/35Assemae125.pdf](http://www.semasa.sp.gov.br/adimin/biblioteca/docs/pdf/35Assemae125.pdf). Acesso em 05 de julho de 2006.17 p.
10. BRASIL. Ministério da Saúde. Conferência PAN - AMERICANA sobre Saúde e Ambiente no Desenvolvimento Humano Sustentável, 1995.104 p.

11. \_\_\_\_\_. Ministério das Cidades. Organização Pan-Americana da Saúde. Política e Plano Municipal de Saneamento Ambiental: Experiências e Recomendações. Brasília, 2005. 89 p.
12. HELLER, L. Acesso aos Serviços de Abastecimento de Água e Esgotamento Sanitário no Brasil: Considerações históricas, conjunturais e prospectivas. Centre for Brazilian Studies; University of Oxford, 2006. 56 p.
13. BRASIL. Ministério do Planejamento e Orçamento. Secretaria de Política Urbana / IPEA. Diagnostico do Setor Saneamento: estudo econômico e financeiro / Aliança Pesquisa e Desenvolvimento. Brasília, 1995. v. 7, 251p.
14. NETO, C. O. de A. (Coord.) Sistemas Simples para Tratamento de Esgotos Sanitários: Experiência Brasileira. il. Projeto PROSAB. Rio de Janeiro: ABES 1997.301p.
15. CHERNICHARO, C. A. L. Princípios do Tratamento Biológico de Águas Residuárias: Reatores anaeróbios. Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental - UFMG. Belo Horizonte, 1997. v. 5 , 245 p.
16. KLIGERMAN, D. C. Esgotamento Sanitário: de alternativas tecnológicas a tecnologias apropriadas: uma análise no contexto brasileiro. il. Dissertação (Mestrado) - UFRJ/IPPUR. Rio de Janeiro, 1995.165 p.
17. ROQUE, O. C. da C. Sistemas Alternativos de Esgotos Aplicáveis às Condições Brasileiras. Rio de Janeiro: DSSA/ENSP/FIOCRUZ, 1997.153 p. il.Tese (Doutorado)- Escola Nacional de Saúde Pública.
18. VON SPERLING M. Princípios do Tratamento Biológico de Águas Residuárias: Introdução à qualidade das águas e ao tratamento de esgotos. Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental - UFMG. Belo Horizonte, 1995.v.1,240 p.
19. BRASIL. Ministério do Planejamento e Orçamento. Flexibilização Institucional da Prestação de Serviços de Saneamento: Implicações e Desafios. Acqua- Plan – Brasília, 1995. v. 3. 187p.

20. SILVA, T. R. A Regulação e o Controle Público da Infra-Estrutura e dos Serviços Urbanos no Brasil. Em Deák, C. SCHIFFER, S. – O processo de urbanização no Brasil. FUPAN/EDUSP. São Paulo, 1999.p.261-312.
21. MELO, M. A. B. C. O. Padrão Brasileiro de Intervenção Pública no Saneamento Básico. Revista de Administração Pública, 1989. v. 23.
22. BRASIL. Lei Nº 11.079, de 30 de Dezembro de 2004. Institui normas gerais para licitação e contratação de parceria público-privada no âmbito da administração pública. Diário Oficial da União de 31 de dezembro de 2004. Disponível em: [http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/\\_ato2004-2006/2004/Lei/L11079.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2004-2006/2004/Lei/L11079.htm). Acesso em 30 de agosto de 2007.
23. \_\_\_\_\_. Lei Nº 11.107, de 06 de Abril de 2005. Dispõe sobre normas gerais de contratação de consórcios públicos e dá outras providências. Diário Oficial da União de 07 de Abril de 2005. Disponível em: [http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/\\_Ato2004-2006/2005/Lei/L11107.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_Ato2004-2006/2005/Lei/L11107.htm). Acesso em 30 de agosto de 2007.
24. NERI, M. C. Trata Brasil: Saneamento e Saúde. Rio de Janeiro. FGV/IBRE, CPS, 2007.163 p.
25. COSTA, A. C. Avaliação da Política Nacional de Saneamento, Brasil- 1996/2000. il. Tese (Doutorado)- ENSP/FIOCRUZ, 2003.248p.
26. HAILU, D. 2008. Equitable Access to Basic Services: Who Will Guarantee it? Internacional Poverty Centre. Junho de 2008. Disponível em: [www.pnud.org.br](http://www.pnud.org.br). Acesso em: 05 de Julho de 2008.
27. BRASIL. Ministério das Cidades. Secretaria de Saneamento Ambiental. Dimensionamento das Necessidades de Investimentos para a Universalização para os Serviços de Abastecimento de Água e de Coleta e Tratamento de Esgotos Sanitários no Brasil. Programa de Modernização do Setor Saneamento II Consórcio JNS/ACQUA-PLAN. Brasília, Maio de 2003.171 p.

28. MOTA, S. Preservação e Conservação dos Recursos Hídricos. Ed. rev. e atualizada. Rio de Janeiro: ABES 1995. 200 p.
29. BRASIL. Resolução CONAMA N° 357, de 17 de Março de 2005. Dispõe sobre a classificação dos corpos de água e diretrizes ambientais para o seu enquadramento, bem como estabelece as condições e padrões de lançamentos de efluentes e dá outras providências. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br> Acesso em 12 de março de 2006.
30. \_\_\_\_\_. Resolução CONAMA N° 397, de 03 de Abril de 2008. Altera o inciso II do § 4º e a Tabela X do § 5º, ambos do art. 34 da Resolução do Conselho Nacional do Meio Ambiente - CONAMA N° 357, de 2005, que dispõe sobre a classificação dos corpos de água e diretrizes ambientais para o seu enquadramento, bem como estabelece as condições e padrões de lançamento de efluentes. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br> Acesso em 15 de novembro de 2008.
31. BRAGA, B. Introdução a Engenharia Ambiental. 2ª Edição. Vários autores. São Paulo: Ed. PEARSON PRENTICE HALL, 2005. 318 p.
32. UNICEF. Progreso para la infancia – Um Balance sobre água Y Saneamiento. N° 5, septiembre de 2006.
33. BRASIL. Ministério das Cidades. Secretaria Nacional de Saneamento Ambiental. Caderno de Saneamento Ambiental, 2004. V.5, 105p. Disponível em: <http://www.cidades.gov.br>. Acesso em 30 de agosto de 2007.
34. \_\_\_\_\_. Ministério da Saúde. Conferência PAN - AMERICANA sobre Saúde e Ambiente no Desenvolvimento Humano Sustentável. 1995.104p
35. COHEN, S. C. Habitação Saudável como Caminho para Promoção da Saúde. Rio de Janeiro: Fundação Oswaldo Cruz/ Escola Nacional de Saúde Pública, 2004.
36. SANT'ANNA, F. S. P.; SILVEIRA, S. S. B. Poluição Hídrica In. Meio Ambiente: Aspectos Técnicos e Econômicos. MARGULIS, S. (ed.). Rio de Janeiro, IPEA: Brasília, IPEA/PNUD, 1990. p.57-83.

37. DAGNINO, R. Tecnologia Social: Uma Estratégia para o desenvolvimento. Fundação Banco do Brasil. Rio de Janeiro, 2004. 216 p.
38. OLDENBURG, M.; NIEDERSTE - HOLLEMDER, J.; BASTIAN, A.; SCHIRMER, G. Nutrient utilization by urine separation: experience from the lamdertsühle Project. In. II International Symposium on Ecological Sanitation, 07 – 11 April, 2003, Lübeck, Germany. Session C. 269-276.
39. RAPPORT, B. Águas Cinzas: Caracterização, Avaliação Financeira e Tratamento para Reuso Domiciliar e Condominial. il. Tese (Doutorado), Escola Nacional de Saúde Pública/ FIOCRUZ, 2004. 85 p.
40. WORLD HEALTH ORGANIZATION. Guidelines for the safe use of wastewater, excreta and greywater.v.1.Policy and regulatory aspectos; v.2.Waster use in agriculture-v.3.Wastewater and excreta use in equaculture-v.4. Excreta and greywater use in agriculture, 2006.
41. O INSTITUTO AMBIENTAL-OIA. Biosistema Integrado de Dejetos Humanos. Manual de Construção. Fundação Banco do Brasil. Disponível no Site: [www.oia.org.br](http://www.oia.org.br). Acesso em 09 de Abril de 2004.
42. DRANGERT, J. O.; BEW, J.; WINBLAD, U. Ecological Alternatives in Sanitation. Publications on Water Resources: N° 9. Swedish International Development Cooperation Agency, 1997.93 p.
43. FLORENCIO, L.; BASTOS, R. K. X.; AISSE, M. M. (Coord.). Tratamento e Utilização de Esgotos Sanitários. il. Projeto PROSAB. Rio de Janeiro: ABES 2006. 427 p.
44. JORDÃO, E. P.; PESSÔA, C. A. Tratamento de Esgotos Domésticos – 4ª edição – Rio de Janeiro, 2005.
45. CAMPOS, J. R. Tratamento de Esgotos Sanitários por Processos Anaeróbios e Disposição Controlada no Solo. (Coord.). (Projeto PROSAB), 1999. 464 p.

46. BRASIL. Resolução CONAMA Nº 375, de 29 de agosto de 2006. Define critérios e procedimentos, para o uso agrícola de lodos de esgoto gerados em estações de tratamento de esgoto sanitário e seus produtos derivados, e dá outras providências. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br> Acesso em 16 de março de 2007.
47. \_\_\_\_\_. Resolução CONAMA Nº 237, de 19 de Dezembro de 1997. Regulamenta os aspectos de licenciamento ambiental estabelecidos na Política Nacional do Meio Ambiente. Diário Oficial da União de 22 de Dezembro de 1997. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br>. Acesso em 15 de Outubro de 2007.
48. \_\_\_\_\_. Lei Nº 9.605, de 12 de Fevereiro de 1988. Dispõe sobre as sanções penais e administrativas derivadas de condutas e atividades lesivas ao meio ambiente e dá outras providências. Diário Oficial da União de 13 de fevereiro de 1998. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br>. Acesso em 15 de Outubro de 2007.
49. HESPANHOL, I.; HELMER, R. Water Pollution Control: A Guide to the Use of Water Quality Management. United Nations Environment Programme. Watter Supply and Sanitation Collaborative Council. World Health Organization, 1997. 510p.
50. BRASIL. Lei Nº 9.433, de 08 de Janeiro de 1997. Dispõe sobre o regime de concessão e permissão da prestação de serviços públicos previstos no art. 175 da Constituição Federal, e dá outras providências. Diário Oficial da União de 09 de Janeiro de 1997. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br>. Acesso em 30 de agosto de 2007.
51. \_\_\_\_\_. ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS – NBR 13.969. Tanques Sépticos: Unidades de Tratamento Complementar e Disposição Final dos Efluentes Líquidos - Projeto, Construção e Operação, 1996.
52. BRASIL. Resolução CNRH. Nº 54, de 28 de Novembro de 2005. Estabelece critérios gerais para reuso de água potável. Conselho Nacional de Recursos Hídricos. Diário Oficial da União de 09 de Março de 2006. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br>. Acesso em 27 de Fevereiro de 2007.
53. SILVA, A. S. Tratamento Biológico de Águas Residuárias: lagoas de estabilização. 1. ed. Rio de Janeiro: ABES, 1979 p. 113-118.



54. BRASIL. Ministério da Agricultura. Empresa Brasileira de Assistência Técnica e Extensão Rural. Projeto Difusão e Instalação de Biodigestores no Meio Rural. v.2. Manual de Biodigestor: Modelo Indiano. Brasília, 1980.
55. PECORA, V. Implantação de uma Unidade Demonstrativa de Geração de Energia Elétrica a Partir do Biogás de Tratamento de Esgoto Residencial da USP: Estudo de Caso. il. Dissertação (Mestrado). Universidade de São Paulo/ Programa Inter- unidades de Pós-Graduação em Energia. São Paulo, 2006. 152p.
56. BRASIL. Ministério da Agricultura. Empresa Brasileira de Assistência Técnica e Extensão Rural. Projeto Difusão e Instalação de Biodigestores no Meio Rural. v.1. Manual de Biodigestor: Modelo Chinês. Brasília, 1981.
57. PÖNITZ, U.; KOSSMANN, W. Biogas Digest: Application and Product Development. Information and Advisory Service on Appropriate Technology/GTZ, 2004. 81 p.
58. COURA, S. de P. Geração de Energia Elétrica Utilizando o Biogás Produzido no Tratamento de Esgotos. Revista SANEAS, Junho de 2003. p. 32-36.
59. ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS – NBR 8160 - Sistemas Prediais de Esgoto Sanitário - Projeto e Execução, 1999.
60. SANT'ANNA Jr. L. G. Apostila de Controle de Poluição das Águas. UFRJ/COOPE/PEQ, 2006. 68 p. (NOTAS DE AULA)
61. BRASIL. NBR 12209- Projeto de Estações de Esgoto Sanitário, 1990.
62. LETINGA, G.; ZEEMAN, G.; LENS, P. Decentralised Sanitation and Reuse- Concepts, Systems and implementation. IWA. In Wageningen. The Netherlands, 2001.650 p.
63. LOBO, L. Saneamento Básico: Em busca da Universalização. Brasília, Ed. do Autor, 2003.228 p.
64. BRASIL. Resolução CONAMA Nº 377, de 09 de Outubro de 2006. Dispõe sobre licenciamento ambiental simplificado de sistemas de esgotamento sanitário. Diário Oficial da União de 10 de Outubro de 2006. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br>. Acesso em 15 de Outubro de 2007.

65. FLORENCIO, L. ; BASTOS, R. K. X. & AISSE, M. M. (Coord.). Tratamento e utilização de esgotos sanitários. Rio de Janeiro: ABES 2006. 427 p: il Projeto PROSAB.
66. BRASIL. ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS – NBR 7.229 – Projeto Construção e Operação de Sistemas de Tanques Sépticos, 1992.
67. CYNAMON, S. E. Sistemas Não Convencionais de Esgotos Sanitários a Custo Reduzido para as Cidades, Vilas, Povoados, Áreas Carentes e Áreas Periféricas. 3ª Edição, 2003. Reformulada a partir da 1ª edição editada em Cadernos de Saúde Pública. Ano I, Serie Pesquisa Nº 1- 1998 (Desenvolvimento Tecnológico). Publicação da Escola Nacional de Saúde Pública/ FIOCRUZ.
68. BRUSH, L.R.de. F. Ações de Avaliação, Aproveitamento e Geração de Valor Econômico aos Ativos Ecológicos Brasileiros: A Missão da Fundação ZERI Brasil. 2005.17 p.
69. GIJZEN, H.J.; IKRAMULLAH, M. Pre-feasibility of duckweed-based wastewater treatment and resource recovery in Bangladesh. World Bank Report, Washington D.C., 1999,p. 194.
70. TUSHABE, A.; MÜLLEGGER, E.; KNAPP, A. National Strategy to Promote Ecological Sanitation in Uganda. In. II International Symposium on Ecological Sanitation, 07 – 11 April, 2003, Lübeck, Germany, 2003. Session C. p.255-262.
71. LOPES, T. Carta aberta à Comunidade, por Thiago Lopes. Disponível em: [longblogvoltaredonda.blogspot.com/2007/10/carta-aberta-comunidade-por-thiago.html](http://longblogvoltaredonda.blogspot.com/2007/10/carta-aberta-comunidade-por-thiago.html). Acesso em: 02 de Outubro de 2007. (Carta-Anexos)

## **BIBLIOGRAFIA COMPLEMENTAR**

ARAÚJO, L. A. de. Danos Ambientais na Cidade do Rio de Janeiro. in Impactos Ambientais Urbanos no Brasil / Guerra, A. J.T.; Cunha, S. B. da (organizadores). Rio de Janeiro: Ed. Bertrand Brasil, 2001. Cap. 9, p.347-402.

BARATA, M.; KLIGERNAN, D. C.; COHEN, S. C. A Ecoeficiência Aplicada no Setor Público no Brasil: Sua Contribuição no Setor Saneamento. Rio de Janeiro: Instituto Oswaldo Cruz. Cad. de Estudos Avançados, 2006. v.3, n.1 p.35-47.

BIDONE, E. D; MORALES, P. R. D. Desenvolvimento Sustentável e Engenharia. Coleção Disseminar. Rio de Janeiro. IME, 2004. 247 p.

BRASIL. Decreto Nº 24.643, de 10 de Julho de 1934. Decreta o Código da Águas. Diário Oficial da União de 10 de Julho de 1934. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br>. Acesso em 15 de Outubro de 2007.

\_\_\_\_\_. Decreto Nº 99.274, de 06 de Junho de 1990. Regulamenta a Lei 6.902, de 27 de Abril de 1981 e, a Lei Nº 6.938, de 31 de Agosto de 1981, que dispõem, respectivamente, sobre a criação de Estações Ecológicas e Áreas de áreas de Proteção Ambiental e sobre a Política Nacional do Meio Ambiente, e dá outras providências. Diário Oficial da União de 06 de Junho de 1990. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br>. Acesso em 20 de Setembro de 2006.

\_\_\_\_\_. Lei Nº 6.938, de 31 de Agosto de 1981. Dispõe sobre a Política Nacional do Meio Ambiente, seus afins e mecanismos de formulação e aplicação, e dá outras providências. Diário Oficial da União de 02 de Setembro de 1981. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br>. Acesso em 20 de Setembro de 2006.

\_\_\_\_\_. Lei Nº 8.080 de 19 de Setembro de 1990. Dispõe sobre as condições para a promoção e recuperação da saúde, a organização e o funcionamento dos serviços correspondentes e dá providências. Diário Oficial da União de 19 de Setembro de 1990. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br>. Acesso em 15 de Outubro de 2007.

\_\_\_\_\_. Lei Nº 8.987, de 13 de Fevereiro de 1995. Dispõe sobre o regime de concessão e permissão de serviços públicos previstos no art.175 da Constituição Federal e dá outras providências. Diário da União de 14 de Fevereiro de 1995. Disponível em: [http://www.planalto.gov.br/Ccivil\\_03/LEIS/L8987cons.htm](http://www.planalto.gov.br/Ccivil_03/LEIS/L8987cons.htm). Acesso em 30 de agosto de 2007.

\_\_\_\_\_. Lei Nº 9.984, de 17 de Julho de 2000. Dispõe sobre a criação da Agência Nacional das Águas. Diário Oficial da União de 18 de Julho de 2001. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br>. Acesso em 15 de Outubro de 2007.

\_\_\_\_\_. Lei Nº 10.257 de 10 de Julho de 2001. Regulamenta os Art.182 e 183 da Constituição Federal, estabelece as diretrizes gerais da política urbana e dá outras providências. Diário Oficial da União de 11 de Julho de 2001. Disponível em <http://www.planalto.gov.br>. Acesso em 15 de Outubro de 2007.

\_\_\_\_\_. Ministério das Cidades. Conselho das Cidades. Conferências e Conselhos das Cidades: A participação popular na construção da política nacional de desenvolvimento urbano no Brasil. Brasília, 2006. 24 p. Disponível em: <http://www.cidades.gov.br>. Acesso em 30 de agosto de 2007.

\_\_\_\_\_. Ministério das Cidades. Secretaria Nacional de Saneamento Ambiental. Investimentos Federais em Saneamento. Relatório de Aplicação entre 01 de janeiro de 2003 a 30 de setembro de 2006 elaborado em 01 de Novembro de 2006. Disponível em: <http://www.cidades.gov.br>. Acesso em 30 de agosto de 2007.

\_\_\_\_\_. Ministério do Meio Ambiente. Agência Nacional de Águas. Programa de Despoluição de Bacias Hidrográficas. Disponível em: [www.ana.gov.br/prodes](http://www.ana.gov.br/prodes) . Acesso em 12 de Junho de 2007.

\_\_\_\_\_. Ministério do Meio Ambiente. Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis e Amazônia Legal. Diretrizes para Operacionalização do Programa Nacional de Educação Ambiental. Série Meio Ambiente em Debate. Brasília, 1996. 27 p.

\_\_\_\_\_. Ministério do Meio Ambiente, Secretaria dos Recursos Hídricos. Plano Nacional de Recursos Hídricos: Panorama e Estado dos Recursos Hídricos do Brasil. v.1,135 p. 2006.

\_\_\_\_\_. Resolução CONAMA Nº 001, de 23 de Janeiro de 1986. Dispõe sobre critérios básicos e diretrizes gerais para o Relatório de Impacto Ambiental. Diário Oficial da União de 17 de Fevereiro de 1986. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br>. Acesso em 12 de março de 2006.

\_\_\_\_\_. Resolução CONAMA Nº 005, de 15 de Junho de 1988. Estabelece o Licenciamento Ambiental de Obras de Saneamento para as quais seja possível identificar modificações ambientais significativas. Diário Oficial da União de 16 de novembro de 1988. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br>. Acesso em 15 de Outubro de 2007.

\_\_\_\_\_. Resolução CONAMA Nº 20, de 18 de Junho de 1986. Estabelece a classificação dos corpos hídricos do Território Nacional. Diário Oficial da União de 30 de Julho de 1986. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br>. Acesso em 12 de março de 2006.

FÓRUM DE ÓRGÃOS PARA ASSISTÊNCIA SOCIAL E EDUCACIONAL. A Sustentabilidade que queremos. Rio de Janeiro: Projeto Brasil Sustentável e Democrático/CUT/FASE, 2002.p.87-102.

HOCHMAN, G. A. A Era do Saneamento: As Bases da Política de Saúde Pública no Brasil. São Paulo: Hucitec/Anpocs, 1998.

JÚNIOR, L. C. de M.; GUSMÃO, A. C. de F. Gestão Ambiental na Indústria. Rio de Janeiro: Ed. Destaque, 2003.112 p.

JUNIOR, O. A. dos S. democracia e Governo local: Dilemas e Reforma municipal no Brasil. Rio de Janeiro. Renavan. FASE, 2001. p.69-105.

LEITE, L. E. H. B. da C. Meio Ambiente, Recursos Hídricos e Saneamento. Nota Técnica encomendada pela Federação Nacional de Engenheiros para integrar capítulos sobre Meio Ambiente, Recursos Hídricos e Saneamento em documento para discussão de propostas alternativas para assegurar a retomada do crescimento nacional. Projeto Cresce Brasil. Disponível em: [www.ecovale.org.br](http://www.ecovale.org.br). Acesso em: 09 de Abril de 2008.

- MACHADO, P. A. L. Direito Ambiental Brasileiro. São Paulo: Ed. Maleiros, 2000. p. 41-553.
- MALHEIROS, M. T. M. O Controle Ambiental Federal das Atividades de Exploração e Produção de Petróleo e Gás Natural no Cenário de Flexibilização do Monopólio Estatal no Brasil. il.Tese (Doutorado)- COOPE / UFRJ / PPE. Rio de Janeiro, 2002. p. 56- 98.
- MÁRCIA, M. Educação em Saúde e Educação Ambiental. DSSA/ENSP/FIOCRUZ. Rio de Janeiro, 09 de Novembro de 2007. (NOTAS DE AULA).
- MARGULIS, S. Meio Ambiente: Aspectos Técnicos e Econômicos. Rio de Janeiro, IPEA: Brasília, IPEA/PNUD, 1990. 246 p.
- MARICATO, E. Exclusão Social e Reforma Urbana. Revista PROPOSTA. FASE. Ano 22 n 62, p. 51-56, Setembro de 1994.
- MARQUES, C. E. Equipamentos de Saneamento e Desigualdades no Espaço Metropolitano do Rio de Janeiro. Rio de Janeiro: Caderno de Saúde Pública, 1996.12 (2). p.181- 93.
- MELLO, C. C. do A. Agenda 21 Local: Um Glossário Analítico para o Debate. In Cidade Ambiente e Política: Problematizando a Agenda 21 Local. ACSELRAD, H.; MELLO, C. C. do A.; BEZERRA, G. das N (Org.). Rio de Janeiro: Ed. GARAMOND, 2006. p.33-88.
- MORAES, M. da P. Breve Diagnóstico sobre o quadro atual da habitação no Brasil. Políticas sociais: Acompanhamento e Análise, 2001. IPEA/ MPOG v.4, p.109-118.
- MUELLER, C. C. Os Economistas e as Relações entre o Sistema Econômico e o Meio Ambiente. Brasília, DF: UNB, Finatec, 2007. 562 p.
- NASCIMENTO, F. L.; OTAVIO, P. Projetos de Tecnologia de Infra-Estrutura Urbana: Das Fases de Análise Econômica e Licenciamento à Gestão Ambiental. In: XVII Encontro Nacional de Engenharia de Produção. Gramado-RS, 1997. Anais eletrônicos. Disponível em: [www.abepro.org.br/biblioteca/ENEGEP1997\\_t6408.pdf](http://www.abepro.org.br/biblioteca/ENEGEP1997_t6408.pdf). Acesso em: 18 DE Janeiro de 2008.
- ODUM, D.; ODUM, H. T. Concepts and methods of ecological engineering. Ecological Engineering. Disponível em: [www.sciencedirect.com](http://www.sciencedirect.com). Acesso em: 15 de Abril de 2008.

PIMENTEL, A. E. B.; EID, F. Planejamento do Desenvolvimento Local e Economia Solidária. In Tecnologia e Desenvolvimento Social e Solidário. SIDNEY, L. F. A. (Coord.). Porto Alegre: Ed. Da UFRGS, 2005. p.121-137.

REZENDE, F. V. Política Urbana ou Política Ambiental da Constituição de 1988 ao Estatuto da Cidade. In. Reforma Urbana e Gestão Democrática. CARDOSO, A. L.; RIBEIRO, L C. de Q. (Org.). Ed. REVAN, 2003.p 139-152.

SOARES, S. R. A.; BERNARDES, R. S.; NETTO, O. de M. C. Relações entre Saneamento, Saúde Pública e Meio Ambiente: Elementos para formulação do modelo de planejamento em saneamento. Revista Caderno de Saúde Pública. Rio de Janeiro, 18 (6), Nov. - Dez. de 2002. p.1.713-1.724.

SOUZA, A. C. A. Por uma Política de Saneamento Básico: A Evolução do Setor. Revista de Ciências Políticas. Rio de Janeiro, n.30, Julh/Ago, 2006. Disponível em: [www.achegas.net/numero/30/ana\\_cristina\\_30.pdf](http://www.achegas.net/numero/30/ana_cristina_30.pdf). Acesso em 18 de Outubro de 2007.

SOUZA, N. E. L. de. Mudar a Cidade: Uma Introdução Crítica ao Planejamento e à Gestão Urbana. Rio de Janeiro. Bertrand Brasil, 2002.p.145-148.

TANK, S.; SALAT, E. Ecologia. In. Meio Ambiente: Aspectos Técnicos e Econômicos. MARGULIS, S. (ed.) Rio de Janeiro, IPEA: Brasília, IPEA/PNUD, 1990. p. 213-237.

TUROLLA, F. A. Provisão e Operação de Infra-estrutura no Brasil: O Setor Saneamento. EAESP/FGV, 1999. il. Dissertação (Mestrado).

WAINER, A. H. Legislação Ambiental Brasileira: Subsídios para a História do Direito Ambiental. Rio de Janeiro: Ed. Forense, 1991. p.64-111.

# ANEXOS



Carta aberta à Comunidade, por Thiago Lopes.

Rio de Janeiro, 30 de setembro de 2007

Prezados amigos terráqueos,

Sinto que estamos passando por um momento de profundas transformações, principalmente no que diz respeito ao meio-ambiente e à forma como nos relacionamos e usufruímos de seus recursos. Felizmente, percebo que iniciativas diversas, as quais buscam alternativas para a preservação do planeta, proliferam ao nosso redor, o que me inspirou a agir de alguma maneira. Por isso, hoje, em pleno domingo, resolvi escrever esta carta aberta à comunidade.

A maneira como nos organizamos sobre a Terra, em termos sociais e econômicos, segundo uma lógica de consumo e um paradigma urbano-industrial, vem se mostrando insustentável, se considerarmos que já consumimos, anualmente, 25% a mais dos recursos que nosso meio poderia oferecer. E o que é mais grave: se o mundo inteiro passar a seguir os padrões de consumo norte-americanos, europeus e japoneses, que são cada vez mais disseminados com a globalização, serão necessárias mais duas ou três Terras para suportar a demanda!

A poluição das águas marítimas e fluviais é iminente, bem como do ar, por meio de gases poluentes emitidos principalmente pela indústria e, como no caso brasileiro, por queimadas criminosas, ameaçando a atmosfera terrestre. As poucas florestas que nos restam vão dando lugar a uma ocupação humana desordenada ou à expansão desenfreada de fronteiras agropecuárias. Enfim, um cenário verdadeiramente distópico está sendo construído bem embaixo de nossos narizes!

Será, meu amigo, que isto irá durar para sempre? Será que os nossos netos poderão viver da mesma forma que você hoje? Com certeza não! A hora da mudança é agora. A "geração da mudança" já está sobre a Terra e precisamos fazer uma revolução em nossas mentes e corações. Amar mais, compartilhar, ter compaixão, pensar e cuidar do planeta como se fosse nossa casa, nosso quarto, nossa cama!

Para isto acontecer precisamos reduzir nosso consumo, precisamos distribuir nosso excedente, precisamos repensar nossos atos. Ação e reação. Tudo tem uma consequência.

O nosso modo de viver também. Cada um tem sua forma de viver e pensar, e o que torna a humanidade tão maravilhosa é esta diferença, é esta pluralidade subjetiva. Agora é o momento que precisamos olhar para os povos antigos, aqueles que ainda vivem de um modo sustentável, em harmonia com a natureza, e ter a humildade de aprender um pouco com os mesmos.

Pois, apesar dos grandes avanços tecnológicos desenvolvidos pelo homem branco, o know-how então adquirido não está sendo direcionado devidamente para a solução das questões ambientais, por mais evidentes que sejam. É preciso, acima de tudo, um uso responsável e ético da tecnologia, que vise ao bem geral da humanidade e, por conseguinte, do planeta Terra.

A mudança que esperamos não virá de cima, isto é, não será uma iniciativa das autoridades, mas de cada um de nós. Nós somos o sistema; nós somos Brasília, nós somos o Brasil, nós somos a humanidade! Então que seja a hora de darmos este passo juntos para uma nova forma de viver. Vamos ser éticos, amigos terráqueos.

Vamos ter cuidado com o planeta, cuidado com as pessoas, distribuir os excedentes, e dar limites ao consumo. Vamos fazer de hoje o 'amanhã' que desejamos para nossos filhos. Vamos brilhar, vamos nos perpetuar, vamos ser e prosseguir!

Muita esperança imprimo nessas palavras e na mudança que as mesmas poderão promover. Não se deixe levar pela força da rotina! Não caia na ociosidade, na alienação e na 'disfunção narcotizante' a que o sistema freqüentemente nos submete! Vamos pensar criticamente, refletir e AGIR!

Um grande abraço de apenas mais um terráqueo preocupado.

FONTE: (LOPES, 2007)

**FIGURA 22: Foto da Construção dos Biodigestores Modelo Chinês em Creche Beneficiada com Biogás**



FONTE: (OIA, S/D)

**FIGURA 23: Foto de Exemplo de Biossistema Integrado na Comunidade Sertão do Carangola- Petrópolis/ RJ**



FONTE: (OIA, S/D)

**FIGURA 24: Foto do Biossistema Integrado na Comunidade Vila Dordenone, Distrito do Alto Caxixe, no Estado do Espírito Santo**



FONTE: (OIA, S/D)

**FIGURA 25: Uso do Biogás em Aquecimento para Criação de Patos na Região Serrana do Estado do Rio de Janeiro**



FONTE: (OIA, S/D)

**FIGURA 26: Emprego de Biosistemas Integrados no Tratamento de Dejetos de Suinocultura para Produção de Biogás**



FONTE: (OIA, S/D)

**FIGURA 27: Emprego de Biosistemas Integrados em Vila Ecológica na América Central**



FONTE: (OIA, S/D)

**FIGURA 28: Uso de Biosistema Integrado para Tratamento de Água Mel de Despolpamento de Café e Produção de Biogás**



FONTE: (OIA, S/D)

**FIGURA 29: Emprego de Biosistema Integrado em Unidade Residencial na Cidade de Cotia no Estado de São Paulo**



FONTE: (OIA, S/D)

**FIGURA 30: Construção de Biossistema Integrado em Jarabacoa na República Dominicana com Produção de Energia a partir de Motor a Biogás**



FONTE: (OIA, S/D)

**FIGURA 31: Foto de Aspecto Ambiental Antes e Depois da Construção de Biossistemas na Nicarágua- América Central**



FONTE: (OIA, S/D)

**FIGURA 32: Emprego de Biosistema Integrado em Unidade Residencial em Petrópolis, no Estado do Rio de Janeiro**



FONTE: (OIA, S/D)