

UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA
FACULDADE DE TECNOLOGIA
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA CIVIL E AMBIENTAL
PÓS-GRADUAÇÃO EM TECNOLOGIA AMBIENTAL
E RECURSOS HÍDRICOS

**PLANEJAMENTO DE SISTEMAS DE SANEAMENTO
EM CENTROS URBANOS: FUNDAMENTOS PARA A
FORMULAÇÃO DE UM MODELO CONCEITUAL**

SÉRGIO RODRIGUES AYRIMORAES SOARES

ORIENTADOR: RICARDO SILVEIRA BERNARDES

DISSERTAÇÃO DE MESTRADO EM TECNOLOGIA AMBIENTAL
E RECURSOS HÍDRICOS

PUBLICAÇÃO: PTARH.DM - 051A/2002

BRASÍLIA / DF: JUNHO DE 2002

UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA
FACULDADE DE TECNOLOGIA
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA CIVIL E AMBIENTAL
PÓS-GRADUAÇÃO EM TECNOLOGIA AMBIENTAL
E RECURSOS HÍDRICOS

**PLANEJAMENTO DE SISTEMAS DE SANEAMENTO
EM CENTROS URBANOS:**

Fundamentos para a formulação de um modelo conceitual

SÉRGIO RODRIGUES AYRIMORAES SOARES

DISSERTAÇÃO DE MESTRADO SUBMETIDA AO DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA CIVIL E AMBIENTAL DA FACULDADE DE TECNOLOGIA DA UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA, COMO PARTE DOS REQUISITOS NECESSÁRIOS PARA A OBTENÇÃO DO GRAU DE MESTRE.

APROVADA POR:

Prof. Ricardo Silveira Bernardes, PhD (ENC - UnB)
(ORIENTADOR)

Prof. Oscar de M. Cordeiro Netto, Dr. (ENC - UnB)
(EXAMINADOR INTERNO)

Prof. Nelson L. Rodrigues Nucci, Dr. (DHS/EP - USP)
(EXAMINADOR EXTERNO)

DATA: BRASÍLIA / DF, 06 DE JUNHO DE 2002.

FICHA CATALOGRÁFICA

SOARES, SÉRGIO RODRIGUES AYRIMORAES

Planejamento de Sistemas de Saneamento em Centros Urbanos: Fundamentos para a Formulação de um Modelo Conceitual [Distrito Federal] 2002.

xiv, 148p., 210 x 297mm (ENC/FT/UnB, Mestre, Tecnologia Ambiental e Recursos Hídricos, 2002).

Dissertação de Mestrado - Universidade de Brasília. Faculdade de Tecnologia. Departamento de Engenharia Civil e Ambiental.

- | | |
|------------------------|--------------------------|
| 1. Planejamento | 2. Abastecimento de Água |
| 3. Esgotos Sanitários | 4. Modelo Conceitual |
| 5. Cidades Brasileiras | 6. Saneamento |
| I. ENC/FT/UnB | II. Título (série) |

REFERÊNCIA BIBLIOGRÁFICA

SOARES, S. R. A. (2002). Planejamento de Sistemas de Saneamento em Centros Urbanos: Fundamentos para a Formulação de um Modelo Conceitual. Dissertação de Mestrado, Publicação PTARH.DM-051A/2002, Departamento de Engenharia Civil e Ambiental, Universidade de Brasília, Brasília, DF, 148p.

CESSÃO DE DIREITOS

NOME DO AUTOR: Sérgio Rodrigues Ayrimoraes Soares

TÍTULO DA DISSERTAÇÃO: Planejamento de Sistemas de Saneamento em Centros Urbanos: Fundamentos para a Formulação de um Modelo Conceitual.

GRAU/ANO: Mestre/2002

É concedida à Universidade de Brasília permissão para produzir cópias desta dissertação de mestrado e para emprestar ou vender tais cópias somente para propósitos acadêmicos e científicos. O autor reserva outros direitos de publicação e nenhuma parte desta dissertação de mestrado pode ser reproduzida sem a autorização por escrito do autor.

Sérgio Rodrigues Ayrimoraes Soares
SQN 206 Bloco J Apt. 506
70.844-100, Brasília, DF, Brasil

DEDICATÓRIA

Para

ANA Maria e **MARI**ana

AGRADECIMENTOS

Várias pessoas e instituições foram importantes para o desenvolvimento desta
Dissertação de Mestrado:

O CNPq pela concessão da bolsa de estudos.

O Prof. Ricardo Bernardes, amigo de inúmeros conselhos e parceiro de tantos projetos, por sua atenção, orientação, incentivo e confiança. O Prof. Oscar Cordeiro Netto, por sua valiosa e sempre objetiva colaboração, inclusive em partes do texto. A Prof.^a Cristina Brandão, pelo apoio durante a coordenação do PTARH.

O Dennys, companheiro de todas as horas, por sua importante presença em momentos decisivos. Os amigos Guga, Zanna, Erika e Paulo, colegas de profissão e parceiros no programa de pós-graduação. O meu pai, Diogo, e a família: Corália, Elói, Helena, Luiza, Moema e Rubinho, pelo incentivo e apoio incondicional.

Os engenheiros Antônio Brito, Adauto Santos e Eduardo de Souza, pelas informações sobre Brasília, Goiânia e Belo Horizonte; José de Sena, pela cuidadosa leitura de partes do texto; Jair Bernardes, pelo esforço ímpar em acertar os contatos em Recife e Antônio Miranda Netto, por torná-los possíveis.

Na obtenção e discussão dos dados dos estudos de caso: Maria da Paz (CAESB) em Brasília; Lourdinha (Secretaria de Saneamento/PMR), Marisa (COMPESA), Conceição e Isabel (UFPE) em Recife; Liliane (UFG) e Mercia Rezende (SANEAGO) em Goiânia; Marco Antônio (Serra Azul Engenharia), Paulo Eduardo e Fátima (COPASA) em Belo Horizonte; e Carlos Türck (DMAE) em Porto Alegre.

Pela hospitalidade e excelente companhia: Terezinha, Rubens e Cristina Pontes (em Belo Horizonte), Carlos Vaz e Malu (em Goiânia), Paula Englert e Laura Amaral (em Porto Alegre) e o amigo Caetano Chang por compartilhar a viagem à Recife.

A Ana Maria, mãe querida, e a querida Mari, por tudo.

RESUMO

PLANEJAMENTO DE SISTEMAS DE SANEAMENTO EM CENTROS URBANOS: FUNDAMENTOS PARA A FORMULAÇÃO DE UM MODELO CONCEITUAL

O tema em si reflete uma grande preocupação com as formas de organização e o planejamento das ações de saneamento, em particular dos sistemas de abastecimento de água e de esgotos sanitários. Nesse sentido, o presente trabalho propôs, a partir de uma análise teórica e do estudo de caso de cinco grandes cidades brasileiras, as bases para o estabelecimento de uma teoria sobre planejamento em saneamento e para a formulação de um modelo conceitual. Como se trata de uma questão complexa, a metodologia empregada exigiu uma abordagem fora do escopo tradicional da engenharia, resultando na avaliação de diversas áreas de conhecimento relacionadas às ações de saneamento.

A fundamentação teórica compreendeu a execução de três artigos técnicos que objetivaram definir os elementos constituintes do modelo conceitual, compreendendo os seguintes aspectos: a) o processo de urbanização no Brasil e sua relação com os sistemas de abastecimento de água e de esgotos sanitários; b) os aspectos político-institucionais e econômico-financeiros do setor de saneamento no Brasil; e c) as relações entre saneamento, meio ambiente e saúde pública. Os estudos de caso consistiram em um levantamento sistemático do desenvolvimento urbano e da evolução dos sistemas de abastecimento de água e de esgotos sanitários no Distrito Federal e nas cidades de Belo Horizonte, Goiânia, Porto Alegre e Recife, de modo a se verificarem os tipos de infraestrutura adotados e os diversos fatores condicionantes das ações de saneamento.

O modelo conceitual proposto, com base na fundamentação teórica e nos estudos de caso, foi estruturado em um formato matricial, conciliando os diversos aspectos envolvidos no planejamento dos sistemas de abastecimento de água e de esgotos sanitários de uma forma simples e sistematizada. Desse modo, o modelo permite a identificação das inter-relações entre os componentes desses sistemas de saneamento e as dimensões de análise que integram o processo de planejamento. Em função da complexidade da questão do planejamento, o modelo conceitual não se encerra em sua concepção, consistindo em um ponto de partida para a formulação de um instrumento de planejamento e para a reintegração das questões de saneamento no planejamento das cidades. A fundamentação teórica e os estudos de caso revelaram a importância e a necessidade de que as diversas interfaces do saneamento sejam melhor compreendidas pelo engenheiro, para a revisão de seus próprios conceitos e como estímulo à solução dos problemas urbanos.

Palavras chave: Planejamento, Abastecimento de Água, Esgotos Sanitários, Modelo Conceitual, Cidades Brasileiras, Saneamento.

ABSTRACT

SANITARY SYSTEMS PLANNING IN URBAN CENTERS: BASES FOR A CONCEPTUAL MODEL FORMULATION

The subject of this research indicates a great concern with the management and planning of sanitary systems in particular water supply and sanitation. On this way, bases for the establishment of a sanitary planning theory and a conceptual model development were suggested supported by a theoretical analysis and case studies of five large metropolitan areas in Brazil. Because it was a complex task, the adopted methodology involved aspects that were not related only to engineering, resulting in the evaluation of different disciplines linked to sanitary systems.

The theoretical analysis was structured in the form of three technical papers that aimed to establish the elements for the conceptual model formulation. The papers deal with the following aspects: a) urbanization process in Brazil and its relations with water supply and sanitation; b) political, institutional, economic and financial aspects of the Brazilian water sector; and c) relationships between water supply, sanitation, environment and public health. The case studies approach consisted in a systematic survey of the urban development and water supply and sanitation evolution of five cities in Brazil: Brasília-DF, Belo Horizonte, Goiânia, Porto Alegre and Recife. The types of infrastructure adopted and the several aspects that influenced the implementation of the urban water systems were investigated.

The suggested conceptual model, based on theoretical analysis and case studies, was structured in a matrix format linking several aspects related to water supply and sanitation in a systematic and simple way. Therefore, the model allows identify the relationships between urban water systems components and the analysis dimensions of planning process. Due to the complexity of this matter, the conceptual model does not end after its conception, consisting in a starting point for the creation of a useful planning tool and for the reintegration of sanitary issues on city planning. However, the theoretical analysis and the five case studies showed to the engineer the importance and necessity of considering the several water and wastewater interfaces, to be able to review his own concepts and as an incentive to the solution of urban problems.

Key words: Planning, Water Supply, Wastewater, Conceptual Model, Brazilian Cities, Sanitation.

SUMÁRIO

1 – INTRODUÇÃO	1
1.1 – OBJETIVOS.....	3
2 – METODOLOGIA	4
2.1 – FORMULAÇÃO DA PROPOSTA METODOLÓGICA.....	4
2.2 – APLICAÇÃO DA PROPOSTA METODOLÓGICA.....	9
3 – O PROCESSO DE URBANIZAÇÃO NO BRASIL E SUA RELAÇÃO COM OS SISTEMAS DE ABASTECIMENTO DE ÁGUA E DE ESGOTOS SANITÁRIOS	13
3.1 – O CONTEXTO DA URBANIZAÇÃO E DO PLANEJAMENTO URBANO NO BRASIL.....	13
3.1.1 – O Primeiro Período, até 1950.....	14
3.1.2 – O Segundo Período, a partir de 1950.....	15
3.2 – EFEITOS NOS SISTEMAS DE ABASTECIMENTO DE ÁGUA E DE ESGOTOS SANITÁRIOS.....	18
3.2.1 – Sistema de Produção de Água.....	19
3.2.2 – Sistema de Distribuição de Água.....	22
3.2.3 – Sistema de Coleta e Transporte de Esgotos Sanitários.....	25
3.2.4 – Sistema de Tratamento e Disposição Final de Esgotos Sanitários.....	27
3.3 – CONSIDERAÇÕES FINAIS: SANEAMENTO E PLANEJAMENTO URBANO.....	29
4 – AVALIAÇÃO DE ASPECTOS POLÍTICO-INSTITUCIONAIS E ECONÔMICO-FINANCEIROS DO SETOR DE SANEAMENTO NO BRASIL	31
4.1 – EVOLUÇÃO HISTÓRICA DO SETOR DE SANEAMENTO NO BRASIL.....	31
4.2 – REGULAÇÃO DA PRESTAÇÃO DOS SERVIÇOS DE SANEAMENTO.....	36
4.3 – ASPECTOS ECONÔMICO-FINANCEIROS.....	41
4.3.1 – Outorga e Cobrança pelo Uso da Água.....	41
4.3.2 – Estrutura Tarifária.....	43
4.3.3 – Impacto nas Atividades Econômicas.....	46
4.4 – CONSIDERAÇÕES FINAIS SOBRE OS ASPECTOS POLÍTICO-INSTITUCIONAIS E ECONÔMICO-FINANCEIROS.....	48
5 – RELAÇÕES ENTRE SANEAMENTO, SAÚDE PÚBLICA E MEIO AMBIENTE	50
5.1 – EVOLUÇÃO HISTÓRICA DOS ASPECTOS DE SAÚDE PÚBLICA E MEIO AMBIENTE RELACIONADOS AO SETOR DE SANEAMENTO NO BRASIL.....	50
5.2 – MARCOS CONCEITUAIS DA RELAÇÃO SANEAMENTO E SAÚDE PÚBLICA...	53
5.3 – EFEITOS DAS INTERVENÇÕES DE SANEAMENTO.....	56
5.3.1 – Sistema de Abastecimento de Água.....	56
5.3.2 – Sistema de Esgotos Sanitários.....	58
5.4 – CONSIDERAÇÕES FINAIS SOBRE OS ASPECTOS DE SAÚDE PÚBLICA E MEIO AMBIENTE.....	59

6 – ESTUDOS DE CASO	63
6.1 – ESTUDO DE CASO DE BRASÍLIA (DISTRITO FEDERAL).....	64
6.1.1 – Desenvolvimento Urbano do Distrito Federal.....	65
6.1.2 – Sistema de Abastecimento de Água do Distrito Federal.....	68
6.1.3 – Sistema de Esgotos Sanitários do Distrito Federal.....	71
6.2 – ESTUDO DE CASO DE BELO HORIZONTE.....	75
6.2.1 – Desenvolvimento Urbano de Belo Horizonte.....	76
6.2.2 – Sistema de Abastecimento de Água de Belo Horizonte.....	79
6.2.3 – Sistema de Esgotos Sanitários de Belo Horizonte.....	83
6.3 – ESTUDO DE CASO DE GOIÂNIA.....	85
6.3.1 – Desenvolvimento Urbano de Goiânia.....	86
6.3.2 – Sistema de Abastecimento de Água de Goiânia.....	88
6.3.3 – Sistema de Esgotos Sanitários de Goiânia.....	91
6.4 – ESTUDO DE CASO DE PORTO ALEGRE.....	92
6.4.1 – Desenvolvimento Urbano de Porto Alegre.....	93
6.4.2 – Sistema de Abastecimento de Água de Porto Alegre.....	96
6.4.3 – Sistema de Esgotos Sanitários de Porto Alegre.....	99
6.5 – ESTUDO DE CASO DE RECIFE.....	102
6.5.1 – Desenvolvimento Urbano de Recife.....	103
6.5.2 – Sistema de Abastecimento de Água de Recife.....	106
6.5.3 – Sistema de Esgotos Sanitários de Recife.....	109
6.6 – Balanço Final dos Estudos de Caso.....	111
7 – MODELO CONCEITUAL PARA O PLANEJAMENTO EM SANEAMENTO: PROPOSTA E DISCUSSÃO	115
7.1 – ASPECTOS GERAIS - APRESENTAÇÃO DO MODELO.....	115
7.2 – DESCRIÇÃO DOS COMPONENTES DO MODELO CONCEITUAL - MATRIZ.....	120
7.2.1 – Sistema de Produção de Água.....	120
7.2.2 – Sistema de Distribuição de Água.....	121
7.2.3 – Consumo de Água Potável e Produção de Esgotos Sanitários.....	123
7.2.4 – Sistema de Coleta e Transporte de Esgotos Sanitários.....	124
7.2.5 – Sistema de Tratamento de Esgotos Sanitários.....	125
7.3 – ANÁLISE DO MODELO EM UMA PERSPECTIVA HISTÓRICA.....	126
7.4 – APLICABILIDADE DO MODELO COMO INSTRUMENTO DE PLANEJAMENTO.....	132
8 – CONCLUSÕES	135
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	137

LISTA DE TABELAS

Tabela 2.1	Descrição dos componentes de um sistema de abastecimento de água.....	8
Tabela 2.2	Descrição dos componentes de um sistema de esgotos sanitários.....	8
Tabela 3.1	Tipos de águas naturais e tecnologias de tratamento destinadas à produção de água potável recomendadas pela NBR 12.216/92.....	21
Tabela 3.2	Energia e áreas requeridas por alguns processos de tratamento de esgotos.....	28
Tabela 4.1	Panorama histórico da prestação de serviços de abastecimento de água e de esgotos sanitários no Brasil.....	32
Tabela 4.2	Principais aspectos de projetos de lei que tratam do setor de saneamento (PL 4.147/2001 x PL 2.763/2000).....	38
Tabela 5.1	Evolução histórica dos aspectos de saúde pública e meio ambiente no setor de saneamento no Brasil.....	52
Tabela 5.2	Classificação ambiental unitária das infecções relacionadas com o saneamento (água e excretas).....	55
Tabela 5.3	Evolução do tratamento de esgotos em países desenvolvidos.....	59
Tabela 6.1	População do Distrito Federal (1960-2000).....	64
Tabela 6.2	Panorama histórico do desenvolvimento urbano do Distrito Federal.....	65
Tabela 6.3	Nível de renda <i>per capita</i> por grupo de administrações regionais no Distrito Federal.....	66
Tabela 6.4	Sistema de produção de água potável do Distrito Federal.....	69
Tabela 6.5	Sistemas de tratamento de esgotos sanitários do Distrito Federal.....	73
Tabela 6.6	Panorama histórico do desenvolvimento urbano de Belo Horizonte.....	77
Tabela 6.7	Regiões administrativas de Belo Horizonte.....	79
Tabela 6.8	Nível de acesso aos serviços de saneamento por grupo de administrações regionais em Belo Horizonte.....	79
Tabela 6.9	Sistemas de produção de água potável de Belo Horizonte.....	82
Tabela 6.10	Dados de projeto da ETE Arrudas e da ETE do Onça.....	84
Tabela 6.11	Panorama histórico do desenvolvimento urbano de Goiânia.....	86
Tabela 6.12	Sistemas de produção de água potável de Goiânia e áreas conurbadas..	90
Tabela 6.13	Sistemas de tratamento de esgotos sanitários de Goiânia.....	91
Tabela 6.14	Espaços urbanos de Porto Alegre.....	95
Tabela 6.15	Sistema de produção de água potável de Porto Alegre.....	98
Tabela 6.16	Sistemas de tratamento de esgotos sanitários de Porto Alegre.....	101
Tabela 6.17	Panorama histórico do desenvolvimento urbano de Recife no século XX.	103
Tabela 6.18	Sistema de produção de água potável de Recife e RMR.....	108
Tabela 6.19	Principais características dos sistemas de esgotos sanitários de Recife..	111

Tabela 6.20	Caracterização geral dos sistemas de abastecimento de água e de esgotos sanitários de Brasília, Belo Horizonte, Goiânia, Recife e Porto Alegre.....	113
Tabela 7.1	Componentes do modelo conceitual: sistema de produção de água.....	120
Tabela 7.2	Componentes do modelo conceitual: sistema de distribuição de água.....	122
Tabela 7.3	Componentes do modelo conceitual: consumo de água potável e produção de esgotos sanitários.....	123
Tabela 7.4	Componentes do modelo conceitual: sistema de coleta e transporte de esgotos sanitários.....	124
Tabela 7.5	Componentes do modelo conceitual: sistema de tratamento de esgotos sanitários.....	125

LISTA DE FIGURAS

Figura 2.1	Descrição simplificada de um processo de planejamento.....	5
Figura 2.2	Seqüência de um processo de modelagem e simulação.....	5
Figura 2.3	Estrutura proposta para a fundamentação do modelo conceitual.....	7
Figura 2.4	Fluxograma de decisão para a escolha da técnica de avaliação mais apropriada.....	10
Figura 2.5	Sistematização do processo utilizado para a formulação do modelo conceitual.....	12
Figura 3.1	Crescimento populacional no Brasil: 1871-2000.....	14
Figura 3.2	Percentual de domicílios urbanos atendidos por redes gerais de água e esgotos segundo níveis de renda domiciliar no Brasil.....	16
Figura 3.3	Estruturas espaciais de algumas áreas metropolitanas brasileiras segundo o modelo de Hoyt.....	17
Figura 3.4	Relação entre a renda per capita e o volume per capita de consumo para as regiões administrativas do Distrito Federal e de Belo Horizonte...	24
Figura 3.5	Representação esquemática do sistema convencional e sistema condominial.....	26
Figura 3.6	Relações entre os sistemas de abastecimento de água e de esgotos sanitários e o cenário resultante do processo de urbanização.....	30
Figura 4.1	Funções envolvidas no processo regulatório dos serviços de abastecimento de água e de esgotos sanitários.....	36
Figura 4.2	Equilíbrio de baixo nível na prestação de serviços de saneamento.....	44
Figura 4.3	Estrutura tarifária em cinco cidades brasileiras: Brasília (CAESB), Belo Horizonte (COPASA), Goiânia (SANEAGO), Porto Alegre (DMAE) e Recife (COMPESA).....	45
Figura 4.4	Relação entre o IDH e o índice de cobertura por sistemas de água e esgotos em domicílios urbanos nas regiões do Brasil para os anos de 1970, 1980, 1991 e 1996.....	47
Figura 4.5	Aspectos político-institucionais e econômico-financeiros relacionados aos sistemas de abastecimento de água e de esgotos sanitários.....	48
Figura 5.1	Esquema conceitual dos efeitos dos sistemas de abastecimento de água e de esgotos sanitários sobre a saúde.....	54
Figura 5.2	Modelo de efeitos diretos na saúde e no meio ambiente provenientes da implementação de sistemas de abastecimento de água e de esgotos sanitários.....	60
Figura 6.1	Mapa do Brasil com indicação da localização das cinco cidades investigadas nos estudos de caso.....	63
Figura 6.2	Localização das regiões administrativas do Distrito Federal.....	67
Figura 6.3	Evolução histórica do sistema de produção de água do Distrito Federal..	68
Figura 6.4	Crescimento populacional e respectivas áreas das bacias de contribuição dos mananciais superficiais utilizados no Distrito Federal.....	70

Figura 6.5	Evolução histórica do sistema de tratamento de esgotos do Distrito Federal.....	72
Figura 6.6	Crescimento populacional de Belo Horizonte no século XX.....	76
Figura 6.7	Limites municipais e divisão administrativa de Belo Horizonte.....	78
Figura 6.8	Evolução histórica do sistema de produção de água de Belo Horizonte...	81
Figura 6.9	Relação entre a capacidade instalada de produção de água (L/s) e a área de proteção ambiental de mananciais de Belo Horizonte.....	83
Figura 6.10	Crescimento populacional de Goiânia: 1940-2000.....	85
Figura 6.11	Área metropolitana de Goiânia.....	88
Figura 6.12	Configuração atual do sistema de produção de água de Goiânia.....	89
Figura 6.13	Crescimento populacional de Porto Alegre no século XX.....	93
Figura 6.14	Macrozonas urbanas de Porto Alegre.....	95
Figura 6.15	Evolução histórica do sistema de produção de água de Porto Alegre.....	97
Figura 6.16	Evolução histórica do sistema de tratamento de esgotos de Porto Alegre	100
Figura 6.17	Crescimento populacional de Recife no século XX.....	102
Figura 6.18	Região Metropolitana de Recife e distribuição espacial dos serviços de saneamento.....	105
Figura 6.19	Evolução histórica do sistema de produção de água de Recife e de sua região metropolitana.....	107
Figura 6.20	Evolução do balanço entre oferta e demanda de água em Recife.....	109
Figura 7.1	Representação esquemática da estrutura utilizada para a formulação de modelo conceitual para o planejamento de sistemas de saneamento.....	115
Figura 7.2	Ciclo urbano de uso da água, considerando-se apenas os sistemas de abastecimento de água e de esgotos sanitários.....	116
Figura 7.3	Estrutura matricial de modelo conceitual para o planejamento de sistemas de abastecimento de água e de esgotos sanitários em centros urbanos.....	118
Figura 7.4	Caracterização simplificada do período 1900-1940 a partir das dimensões de análise do modelo conceitual.....	127
Figura 7.5	Caracterização simplificada do período 1950-1960 a partir das dimensões de análise do modelo conceitual.....	128
Figura 7.6	Caracterização simplificada do período 1970-1980 a partir das dimensões de análise do modelo conceitual.....	130

LISTA DE ABREVIATURAS

ABES	Associação Brasileira de Engenharia Sanitária e Ambiental
ABNT	Associação Brasileira de Normas Técnicas
ANA	Agência Nacional de Águas
BNH	Banco Nacional da Habitação
CAESB	Companhia de Saneamento do Distrito Federal
CEF	Caixa Econômica Federal
CETESB	Companhia Tecnológica de Saneamento Ambiental de São Paulo
CODEPLAN	Companhia de Desenvolvimento do Planalto Central (DF)
COMPESA	Companhia Pernambucana de Saneamento
CONAMA	Conselho Nacional do Meio Ambiente
COPASA	Companhia de Saneamento de Minas Gerais
DBO	Demanda Bioquímica de Oxigênio
DMAE	Departamento Municipal de águas e Esgotos de Porto Alegre
DNOS	Departamento Nacional de Obras e Saneamento
DQO	Demanda Química de Oxigênio
ETA	Estação de Tratamento de Água
ETE	Estação de Tratamento de Esgotos
FGTS	Fundo de Garantia por Tempo de Serviço
FJP	Fundação João Pinheiro
IBGE	Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
IDH	Índice de Desenvolvimento Humano
PLAMBEL	Planejamento da Região Metropolitana de Belo Horizonte
PLANASA	Plano Nacional de Saneamento
PNUD	Programa das Nações Unidas para o Desenvolvimento
PROSAM	Programa de Saneamento Ambiental
SABESP	Companhia de Saneamento do Estado de São Paulo
SANEAGO	Saneamento de Goiás
SEMA	Secretaria Especial do Meio Ambiente
SEPURB	Secretaria de Planejamento Urbano
SESP	Serviço Especial de Saúde Pública
SFS	Sistema Financeiro de Saneamento
SNIS	Sistema Nacional de Informações Sobre Saneamento
SS	Sólidos em Suspensão

1 - INTRODUÇÃO

No Brasil, o processo de urbanização e o crescimento desordenado das grandes cidades promoveram o agravamento dos problemas urbanos, em função da ausência ou ineficiência do planejamento e da demanda não atendida por serviços de toda ordem. No caso dos sistemas de saneamento, a provisão também ocorreu de forma descontinuada, em geral desvinculada de uma prática de planejamento e sujeita aos diferentes processos de desenvolvimento do país.

Com efeito, a estrutura física dos serviços de saneamento está associada à realidade complexa da urbanização e à multiplicidade de atribuições de competência, além de possuir estreita ligação com o desempenho do setor público. Como tal, os sistemas de saneamento são dependentes das estratégias de desenvolvimento vigentes no Brasil, tendo, ao longo dos anos, padecido das políticas de controle do déficit público, com repercussão direta nas suas instituições. Atualmente, a capacidade institucional e, sobretudo, financeira do setor de saneamento está comprometida, no que se refere tanto ao estabelecimento de prioridades quanto ao financiamento e implementação de ações. Além disso, nos últimos anos, tem-se observado que a finalidade das ações de saneamento tem incorporado à concepção sanitária original, uma abordagem ambiental, que visa não só a promover a saúde do homem, mas, também, a conservação do meio ambiente.

A compreensão dessas diversas relações e dimensões que compõem o setor de saneamento, apesar da inerente complexidade, revela-se um pressuposto fundamental para o planejamento de sistemas de saneamento em centros urbanos. Entretanto, ressalta-se que é cada vez mais raro o engenheiro que aborda os conceitos técnicos sobre o saneamento e, também, a visão de conjunto, de modo a perceber as articulações entre os diferentes setores que compõem os sistemas de saneamento e a estrutura das cidades. Apesar do conhecimento técnico específico ser de fundamental importância, principalmente para o desenvolvimento tecnológico, é necessário que o engenheiro da área de saneamento compreenda as diversas interfaces de seu objeto de estudo, no intuito de rever conceitos e estimular a solução dos problemas urbanos.

A visão limitada, que trata as questões urbanas de forma isolada ou compartimentada, é uma das principais causas de acentuação dos problemas, cada vez mais complexos. Desse modo, no caso do saneamento, é oportuno promover uma abordagem interdisciplinar, que permita conduzir a pesquisa sobre o planejamento com base na análise de diferentes dimensões que compõem o setor. Com esse intuito, o tema do presente trabalho, que reflete uma grande preocupação com as formas de organização e implementação das ações de saneamento no espaço urbano, propõe, com base em uma discussão teórica e no estudo de caso de cinco grandes cidades brasileiras, os fundamentos necessários para o

estabelecimento de uma teoria sobre o planejamento de sistemas de saneamento e para a formulação de um modelo conceitual.

Apesar de o conceito de saneamento modernamente compreender os sistemas de abastecimento de água e de esgotos sanitários, o gerenciamento de resíduos sólidos, a drenagem urbana e o controle de vetores, consideraram-se, neste trabalho, apenas os sistemas de abastecimento de água e de esgotos sanitários. No entanto, essa opção metodológica, de delimitação do campo de pesquisa para a formulação do modelo conceitual, não descarta a importância das demais ações, que devem, oportunamente, ser incorporadas em uma concepção integrada de planejamento.

A estrutura desta Dissertação de Mestrado pode ser dividida em três partes, que compõem um conjunto de oito capítulos. Na primeira parte (Capítulos 1 e 2), de caráter introdutório, descreve-se a proposta metodológica da pesquisa, bem como se definem os principais critérios utilizados. Observa-se que, de forma diferente da usual, a metodologia é apresentada antes da fundamentação teórica, uma vez que sua descrição é fundamental para a compreensão da forma como esta foi estruturada e da hipótese para a formulação do modelo conceitual. A partir dessas definições, a segunda parte (Capítulos 3 a 5) consiste na identificação e avaliação crítica dos fundamentos teóricos necessários para a composição do referido modelo, compreendendo os seguintes aspectos: a) o processo de urbanização brasileiro e sua relação com os sistemas de abastecimento de água e de esgotos sanitários; b) os aspectos político-institucionais e econômico-financeiros do setor de saneamento no Brasil; e c) as relações entre saneamento, saúde pública e meio ambiente. A terceira parte (Capítulos 6 a 8), enfim, apresenta os estudos de caso realizados em Brasília, Belo Horizonte, Goiânia, Recife e Porto Alegre, além da proposta e discussão do modelo conceitual para o planejamento das ações de saneamento em centros urbanos.

1.1 - OBJETIVOS

O presente trabalho teve como objetivo propor bases para a formulação de um modelo conceitual para o planejamento de sistemas de saneamento no Brasil, com ênfase nos grandes centros urbanos e nos sistemas de abastecimento de água e de esgotos sanitários. No processo de desenvolvimento do modelo, orientado de forma a promover a incorporação de diversas dimensões que compõem uma solução apropriada em termos de saneamento, distingue-se uma série de objetivos específicos, descritos a seguir:

- definição, a partir da proposta metodológica, da hipótese inicial e dos aspectos a serem considerados para a formulação de um modelo conceitual;
- análise crítica e sistematização dos aspectos selecionados, com vistas ao estabelecimento da fundamentação teórica necessária para subsidiar a formulação do modelo;
- avaliação histórica, por meio de estudos de caso, do desenvolvimento urbano e da implementação dos sistemas de abastecimento de água e de esgotos sanitários em cinco grandes cidades brasileiras (Brasília, Belo Horizonte, Goiânia, Porto Alegre e Recife);
- proposta de um modelo conceitual com base na fundamentação teórica e nos estudos de caso e avaliação de sua aplicação prática como um instrumento de planejamento.

2 - METODOLOGIA

No desenvolvimento de um modelo conceitual, com vistas ao planejamento de sistemas de abastecimento de água e de esgotos sanitários, foi utilizada uma abordagem de caráter interdisciplinar que, ao tratar de uma questão complexa, exigiu a busca de elementos fora do escopo exclusivo da engenharia. O método empregado não se restringiu somente à análise dos aspectos técnicos dos sistemas de saneamento, resultando, pois, na avaliação de diversas áreas de conhecimento relacionadas, por ligações funcionais e estruturais, às ações de saneamento. O presente capítulo, dividido em duas partes, objetiva apresentar a proposta metodológica para a formulação do modelo e os fundamentos para aplicação dessa metodologia, que tem como base a formulação de uma teoria e a construção de tipologias a partir de estudos de caso.

2.1 - FORMULAÇÃO DA PROPOSTA METODOLÓGICA

O planejamento pode ser definido como a aplicação de métodos científicos, o que não exclui a intuição, para a formulação de políticas e para a tomada de decisões (Faludi, 1973). O planejamento objetiva, portanto, a determinação de ações futuras e pode ser dividido em três grandes etapas (Davidoff e Reiner, 1973; Lu, 1984): a) a especificação dos objetivos que se pretende alcançar, cuja agregação ao longo do tempo fornece a função-objetivo; b) a seleção dos meios e instrumentos a serem utilizados, mediante as diversas combinações possíveis, para que os objetivos sejam alcançados; e c) o uso desses meios e instrumentos em um processo de racionalização de decisões.

Segundo Villaça (1999), a abrangência do espaço urbano e de seus vários elementos constitutivos, a interferência da ação ou decisão sobre a maioria da população, a participação de organismos administrativos formais e, principalmente, a continuidade de execução e a necessidade de revisões e atualizações são atributos de um plano que o diferenciam do conceito de projeto e ressaltam a caracterização do planejamento enquanto processo.

Em se tratando de um processo, dois elementos são extremamente importantes para o planejamento (Lindgren, 1978): a situação, observada e desejada, e os instrumentos de planejamento, como apontado, de forma simplificada, na Figura 2.1. Para o estabelecimento do tipo de função que associa esses elementos, torna-se necessário pressupor certas condições de como essa associação ocorre, o que corresponde a uma teoria, e escolher a forma de expressar essa associação, o que conduz a um modelo.

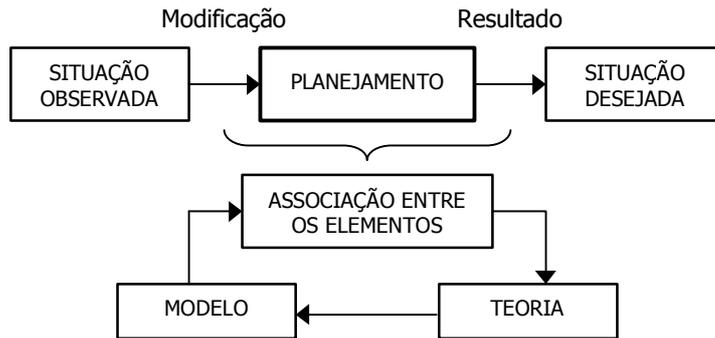


Figura 2.1 - Descrição simplificada de um processo de planejamento. Fonte: adaptado de Lindgren (1978)

De forma simplificada, um modelo pode ser descrito como uma representação de uma realidade peculiar, sobre a qual pode-se estabelecer um discurso científico, formal e lógico fundamentado em uma teoria e passível de ser colocado à prova (Nascimento *et al.*, 1996). Desse modo, apesar de não existir um procedimento único para o processo de modelagem, a seleção e combinação de uma série de relações em um modelo específico pressupõe, ao menos, a existência de uma teoria geral (Jørgensen, 1988). A partir dessa teoria, uma gama de etapas pode compor o processo de construção de um modelo, tais como as descritas na Figura 2.2.

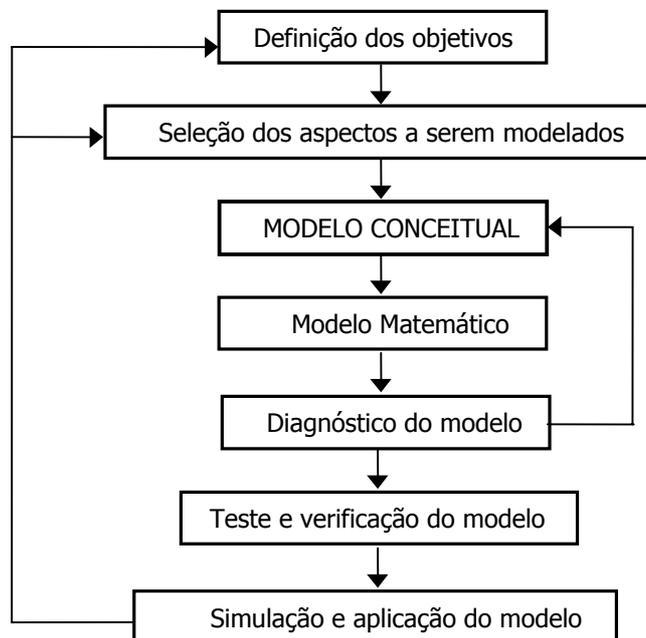


Figura 2.2 - Seqüência de um processo de modelagem e simulação. Fonte: adaptado de Carstensen *et al.* (1997) e Tillman *et al.* (1999)

A partir da Figura 2.2, pode-se inferir que a aplicação de um modelo como uma ferramenta de planejamento pressupõe, invariavelmente, o desenvolvimento de um modelo conceitual, uma vez que esse se constitui em uma das primeiras etapas do processo de

modelagem. Segundo Carstensen *et al.* (1997), a formulação de um modelo conceitual tem por objetivo a descrição das idéias e hipóteses sobre o comportamento do sistema, sem a necessidade de fornecer uma formulação matemática de base física. O modelo conceitual, portanto, representa uma simplificação de um sistema real, como todo modelo, porém com base somente na identificação de seus elementos constituintes e inter-relações (de Wit, 1993; Jørgensen, 1988).

Segundo Novaes (1981), para a seleção dos elementos e relações relevantes do sistema real, que serão representados no modelo, deve-se atentar para a finalidade do modelo, no caso o planejamento de sistemas de saneamento em centros urbanos. No que se refere aos tipos de modelos, várias classificações podem ser utilizadas, destacando-se, a seguir, os pares de modelos descritos por Jørgensen (1988) e Carstensen *et al.* (1997):

- modelo contínuo ou discretizado, dependendo do tipo de variáveis envolvidas; no primeiro caso, os modelos envolvem equações diferenciais ordinárias ou parciais;
- modelo estocástico ou determinístico, dependendo do envolvimento de alguma quantidade aleatória: um modelo estocástico reduz-se a um modelo determinístico quando as entradas estocásticas ou erros aleatórios de medida se reduzem a zero;
- modelo linear ou não linear, dependendo de como as variáveis são envolvidas nas equações que descrevem o sistema. Um modelo é linear, pela teoria dos sistemas, se o princípio de superposição é respeitado, enquanto que, do ponto de vista estatístico, o modelo é dito linear se uma variável de saída, y , encontra-se ligada à variável de entrada, x , por meio de uma equação do tipo $y = a + b.f(x)$ (Nascimento *et al.*, 1996);
- modelo estático ou dinâmico, dependendo do fator tempo (ou, talvez, espaço). No primeiro caso, quando os parâmetros permanecem constantes, os modelos representam um determinado instante, enquanto que no segundo caso os modelos descrevem um processo. Em geral, procura-se uma descrição estacionária para a descrição de um sistema, obtida quando as variáveis de estado e os parâmetros são independentes do tempo (Gomes e Varriale, 2001);
- modelo causal (internamente descritivo) ou caixa preta, dependendo do tipo de raciocínio envolvido.

Em um primeiro momento, optou-se por um modelo internamente descritivo ou causal, no qual o tipo de raciocínio envolvido refere-se a um processo dedutivo (Gomes e Varriale, 2001). Esse tipo de abordagem, de acordo com Jørgensen (1988), tem por objetivo caracterizar as diferentes inter-relações entre o estado do sistema em si, suas entradas e saídas, em contraposição, por exemplo, aos modelos do tipo caixa preta, que traduzem apenas as relações entre entradas e saídas do sistema. A estrutura de modelo proposta permite, então, descrever os mecanismos internos do processo investigado.

Como hipótese inicial para a formulação do modelo, ilustrada na Figura 2.3, definiu-se a situação dos sistemas de abastecimento de água e de esgotos sanitários nos centros urbanos brasileiros como o estado do sistema a ser modelado (a situação observada da Figura 2.1). Desse modo, o cenário (ou sistema) de análise é representado pelos elementos constituintes e funções dos referidos sistemas de saneamento e pelo espaço urbano e meio sócio-econômico que caracterizam os centros urbanos.

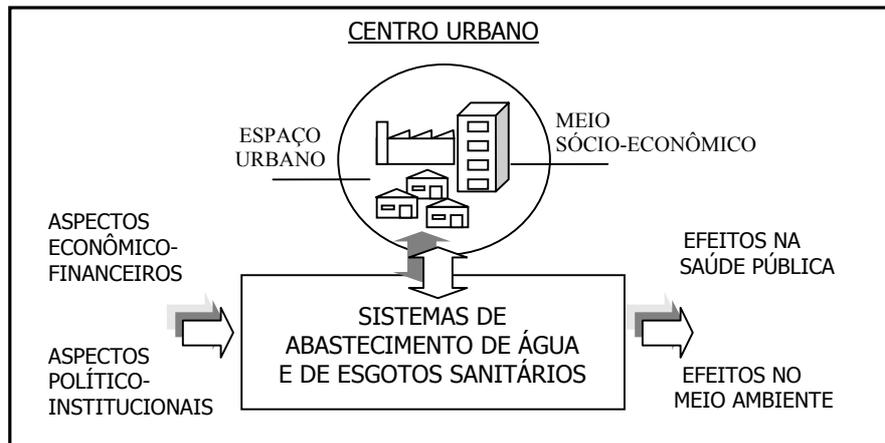


Figura 2.3 - Estrutura proposta para a fundamentação do modelo conceitual

A Figura 2.3 apresenta, também, os elementos selecionados como aspectos de entrada e de saída do cenário estabelecido. Ressalta-se que, apesar do caráter dedutivo, a seleção dos aspectos teve como base a indicação de vários autores, tais como Maksimovic e Tejada-Guilbert (2001), que enfatizam a análise desses aspectos quando do planejamento de sistemas de saneamento. Entendem-se como aspectos de entrada, as forças que influenciam o planejamento de sistemas de abastecimento de água e de esgotos sanitários (aspectos econômico-financeiros) e o conjunto de regras e arranjos institucionais que sustentam os processos envolvidos (aspectos político-institucionais). Os aspectos de saída são referentes aos objetivos primordiais e principais efeitos decorrentes desses sistemas, identificados como aspectos de saúde pública e meio ambiente.

Como explicado na Introdução (Capítulo 1), os sistemas de abastecimento de água e de esgotos sanitários foram enfatizados, embora se reconheça a importância das demais ações para uma visão integrada do conceito de saneamento. Além da questão operacional, por se tratar de uma redução que simplifica a solução do problema, a escolha dos sistemas de abastecimento de água e de esgotos sanitários também teve um viés prático, uma vez que as informações sobre esses sistemas encontram-se, por diferentes motivos, melhor sistematizadas, tanto na literatura técnica e científica, como nos órgãos administrativos públicos e nas empresas prestadoras de serviços de saneamento. Para fins deste estudo, utilizou-se a terminologia apresentada nas Tabelas 2.1 e 2.2, no que se refere aos elementos constituintes dos sistemas de saneamento e suas funções.

Tabela 2.1 - Descrição dos componentes de um sistema de abastecimento de água

Componentes	Funções
Captação	- conjunto de equipamentos e instalações utilizados para a retirada de água do manancial: em geral podem ser compostas por barragens ou vertedores para manutenção do nível ou para regularização da vazão (manancial superficial) ou poços profundos para a captação de águas subterrâneas
Adutora	- tubulação utilizada para o transporte de água bruta do ponto de captação até a ETA e de água tratada da ETA até os reservatórios de distribuição
Estação Elevatória	- unidade de bombeamento destinada ao transporte de água a pontos mais distantes ou elevados ou para aumentar a vazão da linha adutora
Estação de Tratamento de Água - ETA	- unidade responsável pela melhoria das características qualitativas da água, tornando-a própria para o consumo - sistema convencional de tratamento: coagulação - floculação - sedimentação - filtração - desinfecção - fluoretação
Reservatório	- unidade responsável pelo armazenamento da água para atender aos seguintes objetivos principais: variações de consumo, demandas de emergência e manutenção de pressão mínima ou constante na rede
Rede de distribuição	- conjunto de tubulações, instaladas nas vias públicas ou nos passeios, que conduzem a água tratada até os pontos de consumo

Fontes: CETESB (1984); Mays (1999) e McGhee (1991)

Neste trabalho, freqüentemente utiliza-se a seguinte divisão: a) sistema de produção de água, que se refere às etapas de captação, transporte e tratamento da água; e b) sistema de distribuição de água, que se refere às etapas de reservação e distribuição da água para as unidades de consumo.

Tabela 2.2 - Descrição dos componentes de um sistema de esgotos sanitários

Componentes	Funções
Rede Coletora	- conjunto de tubulações, instaladas nas vias públicas ou passeio, responsável por receber os esgotos efluentes brutos das unidades de consumo
Interceptor	- unidade ou conjunto de tubulações que recebem contribuições das redes coletoras, geralmente apresentando maiores diâmetros que a rede coletora
Estação Elevatória	- unidade de bombeamento destinada a transferir os esgotos brutos ou tratados de uma cota mais baixa para uma cota mais alta - as tubulações que transportam o esgoto bombeado são denominadas de linhas de recalque
Emissário	- tubulação destinada a conduzir os esgotos brutos coletados até a ETE, caracteriza-se, ao contrário dos interceptores, por não receber contribuições ao longo do percurso
Estação de Tratamento de Esgotos - ETE	- unidade responsável pela remoção dos poluentes dos esgotos, cujo nível de tratamento (preliminar, primário, secundário ou terciário) depende do processo empregado - principais processos de tratamento secundário utilizados no Brasil: lagoas de estabilização - lodos ativados - reatores e filtros anaeróbios - filtros aeróbios - sistemas de disposição controlada no solo
Emissário final	- tubulação destinada a conduzir os esgotos tratados até o corpo receptor

Fonte: Metcalf e Eddy (1991); Tsutiya e Alem Sobrinho (1999) e von Sperling (1996)

Assim como no caso do sistema de abastecimento de água, também se utiliza uma divisão para o sistema de esgotos sanitários: a) sistema de coleta e transporte de esgotos

sanitários; e b) sistema de tratamento de esgotos sanitários, que se refere às etapas de tratamento e disposição final dos esgotos no solo ou em corpos receptores.

Ressalta-se que o objetivo das Tabelas 2.1 e 2.2 é apenas o de definir a terminologia utilizada neste trabalho e de descrever, simplificada, as funções dos componentes citados. As referências bibliográficas indicadas nas tabelas fornecem maiores detalhes sobre os sistemas de abastecimento de água e de esgotos sanitários.

2.2 - APLICAÇÃO DA PROPOSTA METODOLÓGICA

Antes da construção do modelo conceitual propriamente dito, é necessário que se tenha, de maneira clara, a estruturação teórica em que se apoiará a sua formulação. Assim, deve-se estabelecer a teoria que subsidiará a construção do modelo e proceder à seleção dos aspectos envolvidos no processo, como mostrado na Figura 2.3. Segundo Novaes (1981), de forma simples, a teoria pode ser definida como um conjunto de idéias, postulados, relações causais, etc., que formam um todo coerente, desenvolvido com o intuito de explicar um grupo de fatos ou fenômenos, estabelecendo leis gerais, relações sistemáticas e princípios.

Diante disso, a ausência de uma teoria que comportasse os elementos descritos na Figura 2.3 levou a dois procedimentos principais: a) a adoção de uma postura diferenciada quanto à elaboração da fundamentação teórica que, em princípio, procurou o melhor meio pelo qual se poderia sistematizar os aspectos envolvidos de forma crítica e objetiva; e b) a construção de tipologias e a formulação de uma teoria a partir de estudos de caso.

A partir do primeiro pressuposto, elaboraram-se os três capítulos que compõem a fundamentação teórica na forma de artigos técnicos, prática essa já adotada em diversos cursos de pós-graduação nos Estados Unidos e na Europa, mas ainda pouco disseminada no país. Cada artigo correspondeu a um capítulo (Capítulos 3, 4 e 5), abordando, no que se refere aos sistemas de abastecimento de água e de esgotos sanitários os seguintes aspectos: a) as entradas no sistema (aspectos político-institucionais e econômico-financeiros); b) o estado do sistema (espaço urbano e meio sócio-econômico); e c) as saídas do sistema (aspectos de saúde pública e meio ambiente), conforme indicado na Figura 2.3.

O objetivo de cada capítulo da fundamentação teórica foi o de definir os elementos para o modelo conceitual, identificando-se as relações entre os componentes dos sistemas de abastecimento de água e de esgotos sanitários e os aspectos definidos quando da formulação da hipótese inicial. Como essa etapa da pesquisa foi essencialmente teórica, necessitou-se, ainda, investir na análise de experiências práticas de planejamento e implementação dos referidos sistemas de saneamento em grandes centros urbanos. De acordo com a natureza da avaliação pretendida, observa-se que o emprego de estudos de

caso e a construção de tipologias consistem na técnica de avaliação mais indicada, como apresentado na Figura 2.4. De fato, a caracterização e análise de diferentes formas de implementação dos sistemas de abastecimento de água e de esgotos sanitários em determinadas cidades brasileiras, objetivando a construção de tipologias, permite compreender o processo de desenvolvimento das ações de saneamento ou, ainda, medir alguns de seus efeitos.

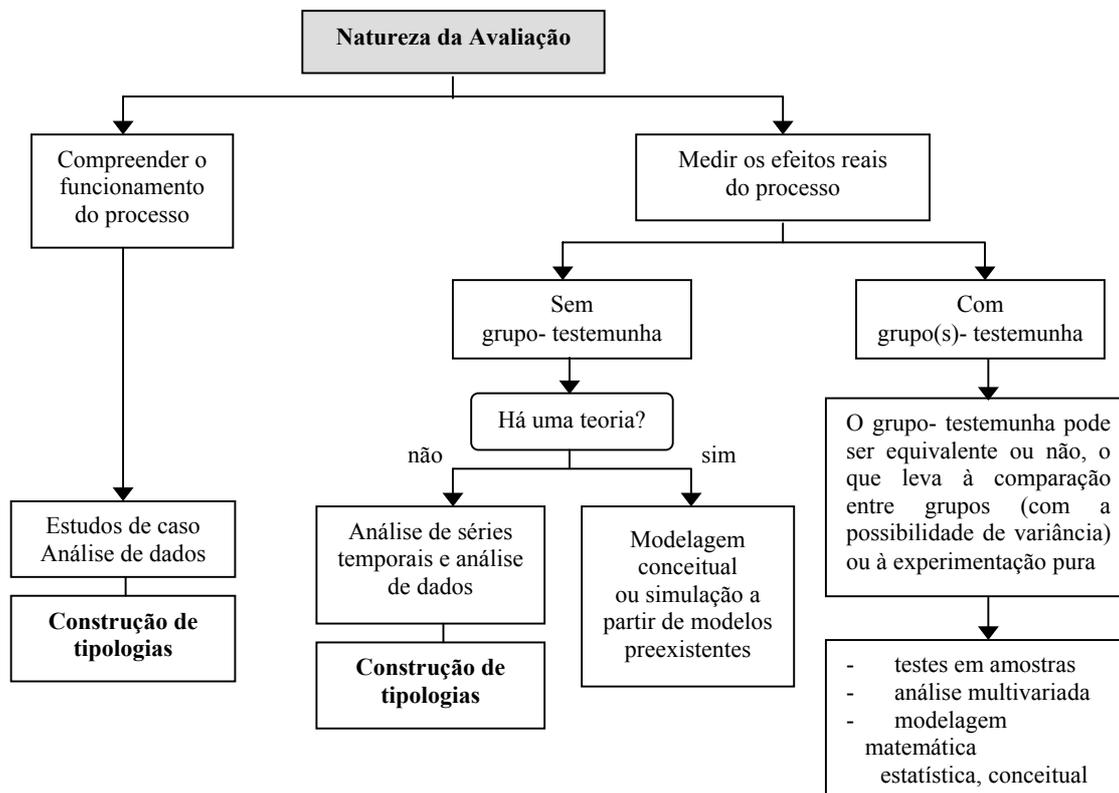


Figura 2.4 - Fluxograma de decisão para a escolha da técnica de avaliação mais apropriada. Fonte: adaptado de Commissariat Général du Plan (1986)

Como estudos de caso, foram realizados, a partir de uma perspectiva histórica, levantamentos sobre o processo de urbanização e sobre a evolução dos sistemas de abastecimento de água e de esgotos sanitários em cinco capitais brasileiras: Brasília, Belo Horizonte, Goiânia, Porto Alegre e Recife. O levantamento de dados dos estudos de caso contemplou três procedimentos principais, sendo que, para os dois primeiros, a visita à cada cidade investigada foi fundamental:

- coleta de dados, primordialmente secundários, obtidos junto aos órgãos de administração públicos, tais como secretarias de planejamento, e às empresas prestadoras de serviços de saneamento, com ênfase em documentos técnicos do tipo planos diretores, planos de urbanização, leis de zoneamento, etc., que retrataram a evolução histórica dos sistemas de abastecimento de água e de esgotos sanitários nas cidades e o desenvolvimento das áreas urbanas;

- entrevistas, realizadas principalmente com engenheiros e técnicos da área de planejamento e saneamento, que puderam avaliar a qualidade dos dados coletados, devido a sua familiarização com a realidade local das cidades investigadas, ou contribuir para a obtenção dos mesmos;
- pesquisa sobre a consolidação do espaço urbano e o processo de urbanização, incluindo seus reflexos, e aspectos pontuais dos referidos sistemas de saneamento por meio de levantamento bibliográfico específico sobre cada cidade investigada.

Com relação à escolha das cinco cidades brasileiras investigadas, destacam-se as seguintes características: a) são cidades em que os sistemas de abastecimento de água e de esgotos sanitários encontram-se em grande parte consolidados, o que garantiu um certo histórico de implementação; b) são importantes centros regionais e nacionais, o que resultou em um número maior de informações - dados secundários - e análises já empreendidas com relação aos aspectos urbanísticos e de saneamento, subsidiando sobremaneira o trabalho de pesquisa; e c) são cidades que representam a diversidade existente no Brasil, uma vez que estão localizadas em diferentes regiões do país (Centro-Oeste, Nordeste, Sudeste e Sul).

Além desses três aspectos, as cidades de Brasília, Goiânia e Belo Horizonte foram escolhidas por se tratarem de cidades relativamente novas e concebidas como cidades planejadas. Destaca-se, ainda, a facilidade de acesso a partir de Brasília às outras duas cidades, o que simplificou as pesquisas de campo e a execução dos procedimentos já citados. Por outro lado, apesar da distância (levando-se em consideração a residência do autor, localizada em Brasília), optou-se por estudar Recife e Porto Alegre, em virtude das duas regiões metropolitanas apresentarem características bem distintas quanto à forma de organização do setor de saneamento e por apresentarem um porte semelhante (em número de habitantes) ao das três cidades selecionadas previamente.

Como se objetivou empregar um método de avaliação comparativo, essencial para a construção das tipologias, o porte semelhante das cidades foi decisivo para a seleção, o que excluiu, por exemplo, as duas maiores metrópoles brasileiras, São Paulo e Rio de Janeiro. Segundo Coelho (2001), o recurso ao método comparativo e a perspectiva sobre um ponto de vista histórico são fundamentais para a compreensão da complexidade, diversidade e singularidade dos processos de desenvolvimento urbano e dos padrões internos de diferenciação social existentes nas cidades, que foram aspectos importantes para a análise da evolução dos sistemas de abastecimento de água e de esgotos sanitários e das alternativas tecnológicas e de planejamento privilegiadas.

O processo para a formulação do modelo conceitual propriamente dito apoiou-se, então, no estabelecimento de uma teoria a partir dos elementos e relações definidos na

fundamentação teórica (Capítulos 3, 4 e 5) e nos dados levantados e tipologias construídas com base nos estudos de caso (Capítulo 6), conforme mostrado na Figura 2.5.

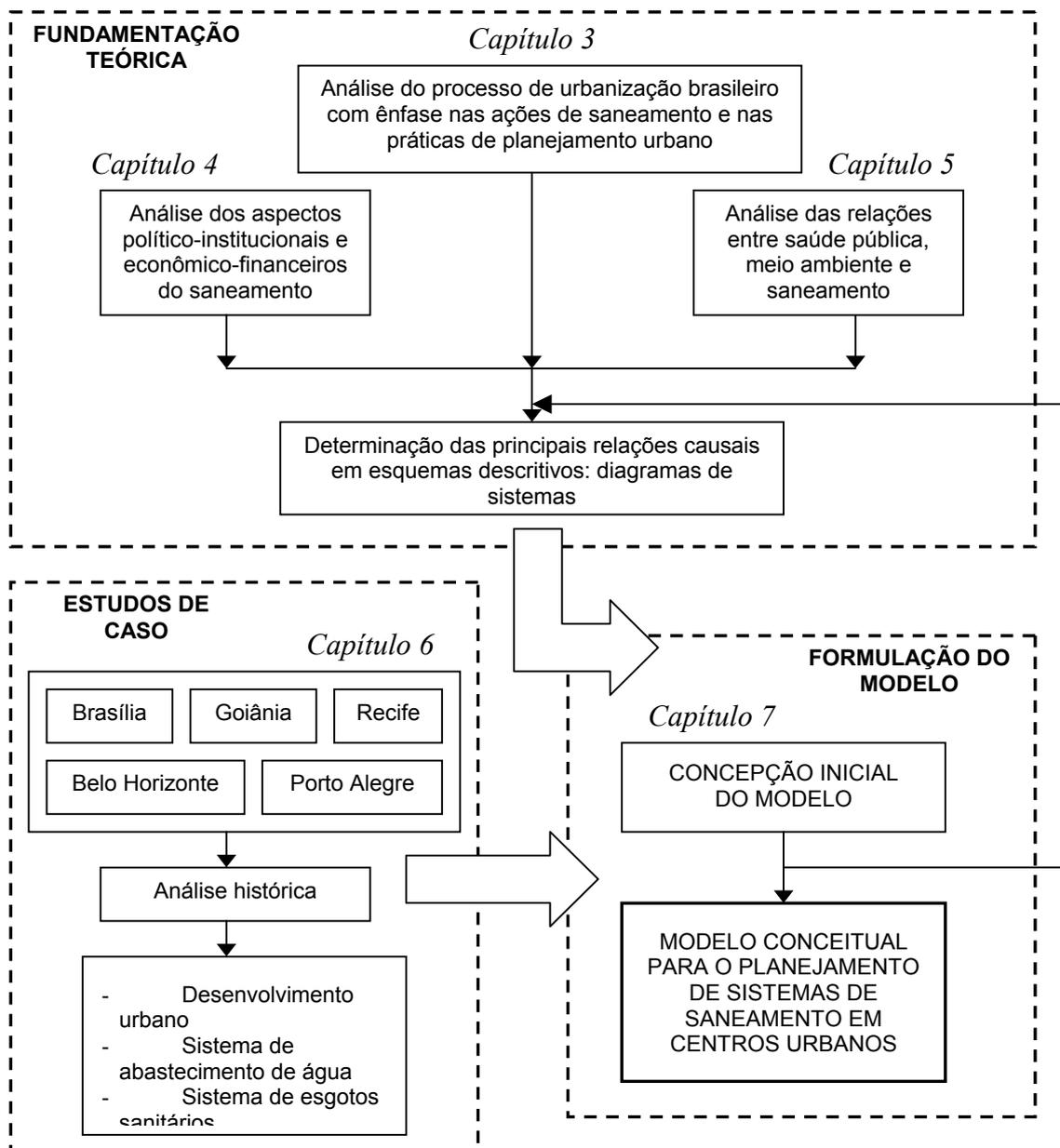


Figura 2.5 - Sistematização do processo utilizado para a formulação do modelo conceitual

3 - O PROCESSO DE URBANIZAÇÃO NO BRASIL E SUA RELAÇÃO COM OS SISTEMAS DE ABASTECIMENTO DE ÁGUA E DE ESGOTOS SANITÁRIOS¹

As questões vinculadas aos sistemas de abastecimento de água e de esgotos sanitários incorporam uma conjugação crítica de fatores interdependentes, cuja combinação se dá em função do histórico de uso e ocupação do espaço urbano, das características do meio físico e ambiental, da tecnologia empregada e do meio sócio-econômico, entre outros fatores. Assim, a análise do processo de urbanização brasileiro e das condições históricas e atuais dos sistemas de abastecimento de água e de esgotos sanitários recai não só em aspectos técnicos, mas, também, na configuração do espaço urbano, nas especificidades do meio físico e ambiental, na infra-estrutura disponível e na população prejudicada com a falta de atendimento.

Neste capítulo, objetiva-se analisar o processo de urbanização observado no Brasil, de modo a identificar suas principais conseqüências e as repercussões nas formas de planejamento urbano e de implementação dos sistemas de abastecimento de água e de esgotos sanitários. A partir dessa análise, determinam-se algumas relações entre esses sistemas de saneamento e o cenário resultante do processo de urbanização, no intuito de identificar elementos que subsidiem o estabelecimento de um modelo conceitual com vistas ao planejamento de sistemas de saneamento em áreas urbanas.

As relações determinadas são respaldadas com base em dados e experiências verificadas em algumas metrópoles brasileiras, tais como Belo Horizonte, Brasília, Recife, Rio de Janeiro e São Paulo. Apesar desse enfoque em grandes centros urbanos, ressalta-se que a demanda por serviços de saneamento se repete, com muita regularidade, na maioria das cidades brasileiras, o que indica a existência de uma matriz comum manifestando-se, com diversas gradações, de acordo com o tamanho da área urbana e independente da região em que ela estiver situada. Nesse sentido, apesar de serem utilizados casos específicos, o presente capítulo busca representar o conjunto de condições urbanas e sanitárias existentes no Brasil.

3.1 - O CONTEXTO DA URBANIZAÇÃO E DO PLANEJAMENTO URBANO NO BRASIL

A população mundial cresceu muito rapidamente nas últimas décadas, concentrando-se nas áreas urbanas. No Brasil, observou-se também esse processo de urbanização, o qual se tornou mais acentuado a partir da década de 1950, como mostra a Figura 3.1. O número de grandes cidades também aumentou. Em 1960 existiam apenas duas cidades com mais de um milhão de habitantes (Rio de Janeiro e São Paulo). Em 1980, eram seis e em 2000, treze cidades já se incluíam nesse patamar: São Paulo, Rio de Janeiro, Curitiba,

¹ Uma versão deste capítulo foi submetida à revista *URBANA* (Venezuela).

Salvador, Fortaleza, Belém, Manaus, Guarulhos (SP), e as cinco cidades utilizadas como estudos de caso neste trabalho, Belo Horizonte, Porto Alegre, Recife, Goiânia e Brasília. Atualmente, existe uma tendência de distribuição desse incremento populacional em um número maior de cidades, que apresentam um crescimento acima da média nacional e estão localizadas fora das regiões metropolitanas (Santos e Silveira, 2001).

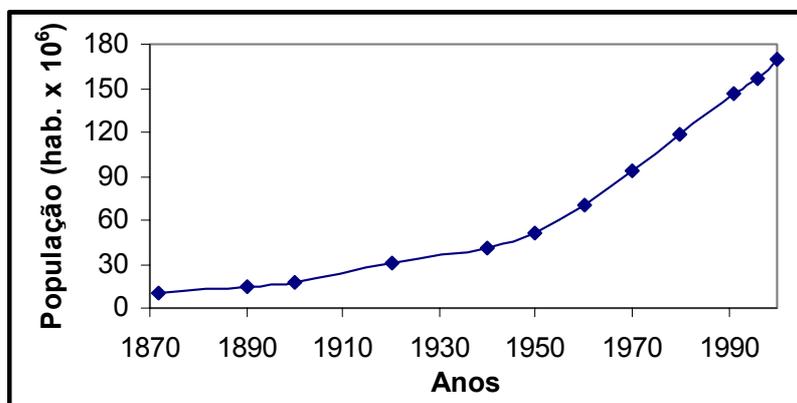


Figura 3.1 - Crescimento populacional no Brasil: 1871-2000. Fonte: IBGE.

Para facilitar a contextualização do processo de urbanização e das práticas de planejamento urbano, dois períodos de análise foram definidos, tendo como marco a década de 1950. Essa década foi selecionada por representar o início do rápido processo de urbanização verificado no Brasil, como apresentado na Figura 3.1, e por ser, também, o momento de importantes transformações no campo dos estudos urbanos, com a mudança da temática central dos planos e das intervenções e com a participação de profissionais de outras disciplinas que, com exceção de arquitetos e engenheiros, não haviam-se ocupado da questão urbana até essa década (Leme, 1999). Essa divisão também permite verificar o período em que o saneamento fazia parte das ações de planejamento urbano e algumas conseqüências de sua progressiva exclusão.

3.1.1 - O primeiro período, até 1950

No início do século XX, nos denominados planos de melhoramento e embelezamento propostos e realizados nas áreas centrais de cidades brasileiras, a questão do saneamento era central, tendo como premissa a salubridade do meio e atuando como resposta a situações epidêmicas (Leme, 1999). Nesse período, destacam-se, por seu âmbito nacional, as intervenções urbanas de Saturnino de Brito, as quais previam ações integradas de esgotamento sanitário, abastecimento de água, drenagem urbana, transporte e habitação, pautadas por critérios de saúde pública. Nessa concepção, o planejamento urbano estava associado às exigências sanitárias que subordinavam a circulação e a estética das cidades.

Entre os planos elaborados por Saturnino de Brito, em que o saneamento e a expansão das áreas urbanas desenvolviam-se de forma integrada, ressalta-se, além dos desenvolvidos para as cidades de Vitória e Santos, a reforma urbana proposta para Recife (1909-1915), principalmente com relação ao planejamento dos sistemas de esgotos sanitários e de abastecimento de água (Costa e Pontes, 2000). Os planos de saneamento para as cidades existentes, em particular os elaborados por Saturnino de Brito, eram desenvolvidos com uma visão abrangente, compreendendo tanto a área urbana consolidada como a sua integração a uma futura área de expansão. Segundo Leme (1999), o período de 1930 a 1950, em que são formuladas as primeiras propostas de zoneamento e de leis urbanísticas para o controle do uso e ocupação do solo, também é marcado pela elaboração de planos que tinham por objetivo o conjunto da área urbana. Com uma visão de totalidade, esses planos buscavam a articulação entre os bairros, o centro e a extensão das cidades por meio de sistemas de vias e de transportes (Leme, 1999).

Entretanto, verifica-se que o vínculo entre o planejamento urbano e as exigências sanitárias diminuiu por volta da década de 1930, se extinguindo em meados da década de 1960. Esse processo comprometeu, ao longo dos anos, a permanência das ações de saneamento no planejamento das cidades e como indutoras do ordenamento urbano. Mesmo o Plano Nacional de Saneamento - PLANASA, instituído em 1971, não pode ser enquadrado no âmbito do planejamento urbano. Embora tenham tido enorme impacto sobre o espaço das cidades brasileiras, as ações do PLANASA não tinham por objetivo a organização do espaço urbano e não foram concebidas, de forma individual, para cada cidade (Villaça, 1999).

3.1.2 - O segundo período, a partir de 1950

A partir da década de 1950, o planejamento urbano no Brasil tem sido fundamentado apenas no discurso, desvinculado das políticas públicas e da ação concreta do Estado (Villaça, 1999). Segundo Leme (1999), não é por outro motivo que grande parte das análises, até mesmo abordagens históricas sobre esse período, restringem-se à pesquisa de idéias, como se o objeto se limitasse a elas e não incluísse o ordenamento do espaço urbano. De fato, no rápido processo de urbanização brasileiro, o planejamento urbano, desvinculado do contexto sócio-econômico e demasiado estático e restritivo para acompanhar a dinâmica urbana, parece ter realizado muito pouco na direção do que seria o seu objetivo principal: implementar políticas eficazes para o equacionamento dos problemas essenciais da cidade, inclusive os de saneamento, a partir da organização e equipamento do espaço urbano.

O planejamento inadequado e o crescimento desordenado das cidades reproduziram no espaço urbano as desiguais relações de classe: regiões privilegiadas providas de infra-

estrutura, contrapondo-se a regiões periféricas carentes desses serviços. O perfil da demanda por infra-estrutura tem forte relação com a pobreza da população dos centros urbanos, apresentando um padrão regressivo em que se observa um decréscimo de atendimento à medida que se têm níveis mais baixos de renda domiciliar, conforme apresentado na Figura 3.2 para o caso do saneamento.

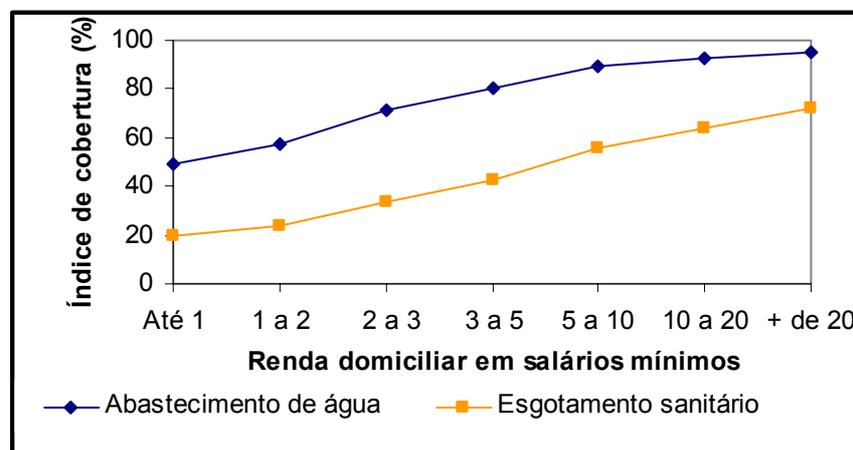


Figura 3.2 - Percentual de domicílios urbanos atendidos por redes gerais de água e esgotos segundo níveis de renda domiciliar no Brasil. Fonte: IBGE (2000).

O padrão regressivo da Figura 3.2, apresentado em âmbito nacional, oculta, na verdade, um nível significativo de disparidades regionais, o qual tende a agravar a questão relacionada ao déficit habitacional e ao problema da precariedade dos domicílios urbanos (Gonçalves, 1997). Tanto essa parte da população tem menos acesso aos sistemas de abastecimento de água e de esgotos sanitários, como, provavelmente, é a maior vítima, uma vez que as condições de renda não permitem que se tomem atitudes defensivas no sentido de ocupar outras áreas ou de se proteger dos impactos resultantes da falta de infra-estrutura (Motta *et al.*, 1997).

Com efeito, no padrão de segregação vigente, o espaço atua como um mecanismo de exclusão, uma vez que a distância social tem uma forte expressão espacial (Souza, 1996). Segundo Villaça (2001), por terem sido produzidas pela mesma formação social, pelo mesmo Estado e no mesmo momento histórico, as metrópoles brasileiras apresentam traços comuns de organização espacial interna e, possivelmente, de distribuição da infra-estrutura, em que a segregação constitui um elemento fundamental. Como exemplo, na região metropolitana do Rio de Janeiro, o espaço ocupado pelas classes de mais alta renda, localizado em menos de 7,5% da área urbanizada, concentrou 25% dos investimentos em saneamento no período 1975-1991 (Marques, 1996). Ressalta-se, ainda, que esse espaço congrega menos de 10% da população total da área metropolitana.

As classes de mais alta renda tendem a se reunir em uma única região geral, segundo setores de círculo, em um deslocamento radial a partir do centro da cidade (Villaça, 2001), como pode ser constatado a partir da análise de algumas cidades brasileiras apresentada na Figura 3.3. Essa organização segundo setores, inicialmente proposta por Hoyt (1959), deriva da busca da otimização dos deslocamentos espaciais e torna-se possível devido às grandes diferenças sociais existentes no Brasil. Quanto menor a estratificação da sociedade, maior a tendência à estruturação em círculos concêntricos, como ocorre nos países desenvolvidos (Abramo, 2001; Villaça, 2001).

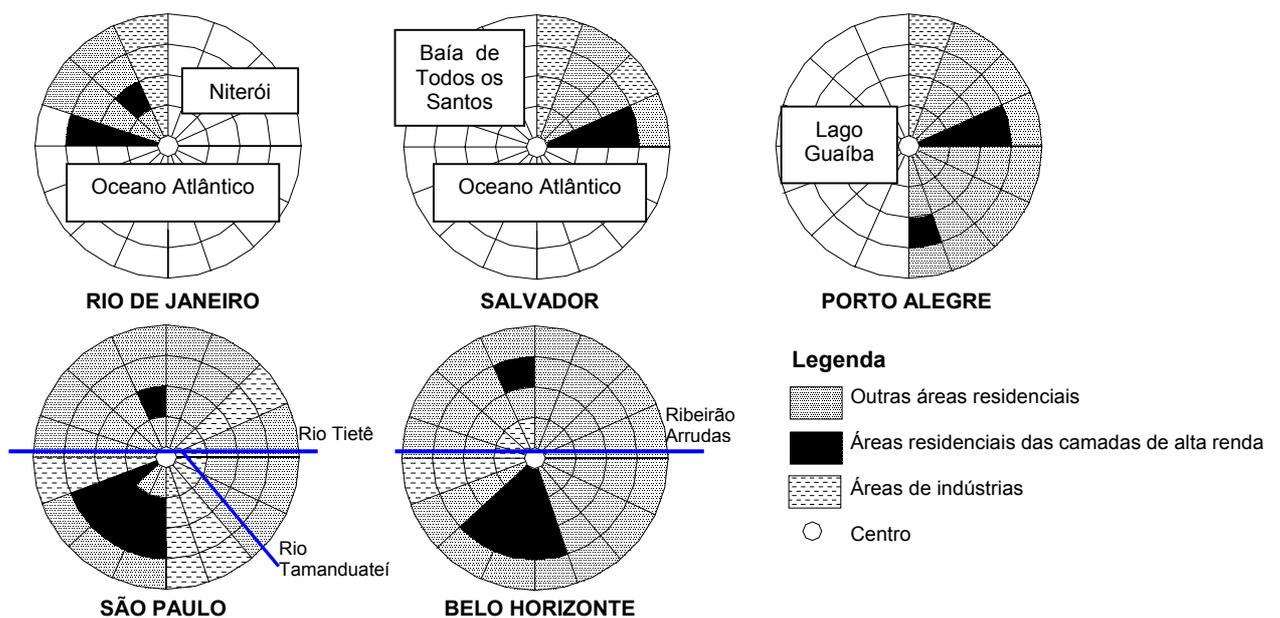


Figura 3.3 - Estruturas espaciais de algumas áreas metropolitanas brasileiras segundo o modelo de Hoyt. Fonte: adaptado de Villaça (2001).

Na estrutura espacial apresentada na Figura 3.3, encontram-se embutidos os aspectos de segregação espacial e exclusão social presentes no processo de urbanização brasileiro, que definem, em geral, os contornos da demanda por serviços de saneamento. Segundo Souza (1996), a segregação é induzida pela própria pobreza e se refere à periferia urbana constituída, basicamente, por favelas e loteamentos irregulares. Nesse caso, o menor poder aquisitivo força uma parcela considerável da população a se sujeitar a morar em espaços quase que desprovidos de infra-estrutura sanitária, ambientalmente vulneráveis, ignorados na representação da cidade oficial e excluídos do planejamento.

As leis de zoneamento, prática de planejamento urbano mais difundida no Brasil, quase que exclusivamente serviram para atender a interesses específicos, particularmente os das áreas das camadas de mais alta renda, enquanto que os planos diretores, em sua

concepção atual, não se constituíram em instrumentos de orientação da gestão e dos investimentos, cumprindo, apenas, um papel ideológico (Villaça, 1999). Apesar dos vários instrumentos presentes no arcabouço da legislação urbanística brasileira, o planejamento urbano no país, centrado em apenas uma parte da cidade, não teve comprometimento com a realidade, existindo um deslocamento entre os conceitos que fundamentaram esse planejamento, com a exclusão de temas como o saneamento, e o contexto social e ambiental dos centros urbanos (Maricato, 2000).

No contexto dos instrumentos urbanísticos, ressalta-se a recente aprovação do PL 5.788/1990, o Estatuto da Cidade, que tem por objetivo estabelecer normas de ordem pública e interesse social que regulem o uso da propriedade urbana com vistas à garantia do bem estar coletivo, da segurança e do equilíbrio ambiental. Para a efetivação das diretrizes gerais da política urbana brasileira, o projeto preconiza a utilização dos seguintes instrumentos: gestão democrática, plano diretor, IPTU progressivo no tempo, usucapião especial e coletivo, etc. Segundo Maricato (2001), o Estatuto da Cidade fornece condições para uma mudança no direito da propriedade urbana e, conseqüentemente, no rumo de crescimento das cidades. No entanto, sua eficácia depende de uma revisão do próprio processo de urbanização brasileiro, no que diz respeito, principalmente, à especulação imobiliária.

Ainda como resposta ao processo de urbanização no Brasil, algumas experiências de planejamento contemporâneo tem progressivamente incorporado parâmetros tidos como ambientais em suas propostas, como pode ser evidenciado, por exemplo, no caso de Belo Horizonte. Na elaboração do Plano Diretor e Lei de Uso e Ocupação do Solo dessa cidade, elementos do quadro natural representaram um forte condicionante às propostas, na priorização de áreas de atuação da política habitacional municipal e na proteção de áreas ambientalmente mais frágeis (Costa, 2000). Esse tipo de orientação, aliada à ampliação do acesso ao mercado legal e à recuperação das áreas degradadas ocupadas irregularmente, tende a repercutir, de forma positiva, na implementação e no acesso aos sistemas de saneamento.

3.2 - EFEITOS NOS SISTEMAS DE ABASTECIMENTO DE ÁGUA E DE ESGOTOS SANITÁRIOS

As questões relacionadas ao abastecimento de água e às instalações adequadas de esgotos sanitários poderiam constituir-se em vetores de organização e de priorização das intervenções de saneamento no ambiente urbano (Mota, 1995). No entanto, como verificado anteriormente, a falta de eficácia dos planos urbanísticos em relação à direção tomada pelas cidades em seu vertiginoso crescimento tem sido um dos fatores mais restritivos a essa

abordagem, cujo principal desafio é a integração do conjunto de ações setoriais que se realizam no mesmo espaço.

Mesmo possuindo estreita ligação com o desenho urbano e as formas de uso e ocupação do solo, as ações de saneamento no Brasil, principalmente a partir da década de 1960, seguiram a lógica do atendimento às demandas emergentes, não contribuindo para a organização do espaço urbano. Em face da velocidade e característica do processo de urbanização brasileiro, a implementação da infra-estrutura sanitária tem representado um desafio relevante, porém são menores as experiências acumuladas no sentido de se utilizar, de modo ativo, a oferta adequada e estratégica dos sistemas de saneamento (Pereira e Baltar, 2000).

Assim, em termos de planejamento, faz-se necessário identificar e compreender as relações entre as diferentes etapas dos sistemas de abastecimento de água e de esgotos sanitários e o cenário resultante do processo de urbanização brasileiro, tanto em seus aspectos físicos, ambientais e de ocupação do solo quanto em seus aspectos sócio-econômicos.

3.2.1 - Sistema de produção de água

Em grande parte das cidades brasileiras, existem problemas referentes ao comprometimento dos mananciais, resultado tanto da poluição de corpos d'água como da contaminação de águas subterrâneas, com redução da disponibilidade hídrica para o abastecimento público. Isso ocorre devido à ausência de medidas adequadas de gestão dos recursos hídricos e de proteção dos mananciais, do uso e ocupação indiscriminados do solo urbano e da deficiência dos sistemas de esgotos sanitários. Como a disponibilidade de água, tanto em quantidade quanto em qualidade, constitui-se em fator limitante para o crescimento das cidades, a questão de proteção dos mananciais superficiais e subterrâneos é de extrema importância para o planejamento urbano.

Em princípio, uma das formas de se garantirem a qualidade e a quantidade da água disponível em um manancial é o estabelecimento de áreas de proteção nas bacias de contribuição onde as captações estão localizadas. A capacidade disponível de produção de água de uma determinada bacia de contribuição estará, portanto, relacionada com a respectiva área de proteção do manancial superficial, sujeita ao controle do uso do solo. Segundo Mota (1995), embora a competência para legislar sobre o solo seja predominantemente do município, a União e os estados podem, também, estabelecer normas nesse campo, principalmente no que se refere à defesa da saúde pública e à proteção do meio ambiente. No caso de águas subterrâneas, além do aspecto de proteção contra a poluição, os aquíferos devem ter uma área de recarga garantida, para que não

ocorram grandes reduções das taxas de infiltração e da quantidade de água armazenada (Mota, 1995).

Desse modo, a definição de áreas de proteção dos mananciais deve estar integrada ao contexto do planejamento urbano, uma vez que são concebidas para racionalizar o uso e ocupação do solo. No entanto, nem sempre é fácil exercer ou induzir esse tipo de controle, como no caso típico da Região Metropolitana de São Paulo. Na década de 1970, foi aprovada a legislação de proteção dos mananciais, que buscava privilegiar o abastecimento de água dentre os demais usos dos recursos hídricos da região, definindo normas para o uso e a ocupação do solo (Bueno, 1994). O modelo preconizado incidia sobre 50% da área metropolitana de São Paulo, delimitada entre as bacias hidrográficas a serem protegidas (Marcondes, 1999).

A partir da análise de indicadores urbanísticos, sociais e econômicos, Marcondes (1999) atesta que a referida lei não produziu os efeitos desejados no direcionamento dos vetores de urbanização e na restrição da ocupação onde se localizam os mananciais. A legislação estabelecia restrições ao uso do solo, desmatamento e movimento de terra, implantação de indústrias, coleta, transporte e disposição final de esgotos sanitários e resíduos sólidos. Essa baixa qualificação do solo em termos de infra-estrutura urbana intensificou o processo de exclusão social e segregação espacial. Assim, a ocupação dessas áreas caracterizou-se pela informalidade e precariedade dos padrões de edificação, resultando em ocupações extremamente agressivas, do ponto de vista ambiental, aos mananciais (Bueno, 1994).

Mesmo em países desenvolvidos, verifica-se que a restrição ao uso e à ocupação do solo em áreas de proteção de mananciais não é uma medida suficiente. Segundo Kim e Park (2001), com a expansão das áreas urbanas vizinhas às áreas de proteção em Seul (Coreia do Sul), ocorreram conflitos devido às restrições quanto à ocupação do solo, mesmo com incentivos e suporte do governo. No Japão (casos específicos de Tóquio e Osaka), por exemplo, a proteção dos mananciais está relacionada mais ao emprego de técnicas avançadas para o tratamento dos esgotos do que à definição de áreas de proteção.

Em ambos os casos, verifica-se que os mananciais são, de alguma forma, comprometidos, o que leva à utilização de processos cada vez mais sofisticados para o tratamento da água. Nos Estados Unidos (casos específicos de Nova York e Chicago), a solução encontrada foi a implementação de sistemas de abastecimento de água e de esgotos sanitários independentes. Nessa concepção, os corpos receptores utilizados não possuem qualquer relação com os mananciais e pontos de captação. Essa alternativa, entretanto, compromete a qualidade de possíveis mananciais futuros e demanda grandes áreas de contribuição e adutoras bastante extensas. No caso de Nova York, por exemplo, as três principais bacias de contribuição totalizam 5.100 km² (área 6,5 vezes maior que a da

cidade - 787 km²), sendo que a mais distante está localizada a cerca de 210 km dos limites da área urbana (Kim e Park, 2001).

A relação entre o comprometimento do manancial e a utilização de técnicas mais avançadas para o tratamento de água também pode ser evidenciada ao se examinarem as normas que regulamentam o uso das águas para o abastecimento público. A resolução nº 20 do CONAMA de 1986, que classifica as águas doces, salobras e salinas no Brasil, estabelece o tipo de tratamento requerido para as águas destinadas ao abastecimento público de acordo com a classificação: classe especial (desinfecção), classe 1 (tratamento simples) e classes 2 e 3 (tratamento convencional). A classe especial, de forma evidente, pressupõe usos mais nobres e padrões de qualidade mais rigorosos. A NBR 12.216/92 (ABNT, 1992), que estabelece as condições para a elaboração de projetos de estações de tratamento de água - ETAs, recomenda determinadas tecnologias de tratamento de água conforme o tipo do manancial, de acordo com o apresentado na Tabela 3.1.

Tabela 3.1 - Tipos de águas naturais e tecnologias de tratamento destinadas à produção de água potável recomendadas pela NBR 12.216/92

Tipo	Definição	Características (**)	Tratamento necessário
A	Águas superficiais (*) ou subterrâneas provenientes de bacias protegidas e de acordo com padrões de potabilidade	- DBO ₅ (média < 1,5) - CT (média mensal 50 a 100) - pH (5 - 9) - Cloretos (< 50) - Fluoretos (< 1,5)	Desinfecção e correção de pH
B	Águas superficiais (*) ou subterrâneas provenientes de bacias não protegidas e que possam atender aos padrões de potabilidade com tratamento que não exija coagulação química	- DBO ₅ (média 1,5 - 2,5) - CT (média mensal 100 a 5.000) - pH (5 - 9) - Cloretos (50 - 250) - Fluoretos (1,5 - 3,0)	Desinfecção e correção de pH - decantação simples para águas contendo sólidos sedimentáveis - filtração para turbidez < 40 UNT e cor aparente inferior a 20 UH
C	Águas superficiais provenientes de bacias não protegidas e que exijam tratamento por coagulação química para atender aos padrões de potabilidade	- DBO ₅ (média 2,5 - 4,0) - CT (média mensal 5.000 a 20.000) - pH (5 - 9) - Cloretos (250 - 600) - Fluoretos (> 3,0)	Coagulação, seguida ou não de decantação, filtração rápida, desinfecção e correção de pH
D	Águas superficiais de bacias não protegidas, sujeitas à poluição, e que requeiram tratamentos especiais para atender aos padrões de potabilidade	- DBO ₅ (média > 4,0) - CT (média mensal maior que 20.000) - pH (3,8 - 10,3) - Cloretos (> 600)	Tratamento mínimo da água Tipo C e tratamento complementar apropriado para cada caso

(*) A nova portaria do Ministério da Saúde (Portaria nº 1469 de 29 de dezembro de 2000) exige que toda água para consumo humano suprida por manancial superficial e distribuída por meio de rede deve incluir tratamento por filtração, com prazo máximo de 36 meses para o seu cumprimento, contados a partir da data de publicação

(**) DBO₅, Cloretos e Fluoretos (em mg/L); Coliformes Totais - CT (em NMP/100 mL)

Fonte: ABNT (1992)

A análise da Tabela 3.1 permite inferir que a água captada de manancial localizado em área bem protegida, com vegetação natural preservada, com pouca ou nenhuma atividade antrópica e livre de cargas poluidoras, possibilitará custos de produção mais reduzidos, em função, entre outros fatores, de evitar a necessidade de se buscarem novos mananciais e de possibilitar o uso de processos de tratamento de água mais simplificados, principalmente no caso de águas subterrâneas (tipos A e B). Como exemplo, observa-se que, dentre os principais sistemas independentes de produção de água da região metropolitana de Belo Horizonte, os 8 municípios que utilizam poços profundos adotam somente a cloração/fluoretação como forma de tratamento (13,0 a 170,0 L/s), enquanto que os 7 municípios que possuem captação superficial adotam ETAs convencionais (3,0 a 55,0 L/s). Entretanto, isso não implica que os sistemas convencionais ou sofisticados de tratamento de água não possam ser aplicados quando da utilização de mananciais subterrâneos.

3.2.2 - Sistema de distribuição de água

A configuração dos reservatórios e redes, que definem um sistema de distribuição, depende das características do sistema de produção, da topografia e infra-estrutura da área a ser atendida e do padrão de consumo de água. O porte do sistema de distribuição é, em geral, influenciado pelo tipo de manancial utilizado, enquanto que a topografia do terreno, quase sempre, é o fator determinante de sua concepção. O padrão de consumo de água, definido em função dos vários usos (doméstico, industrial, comercial, etc.), também influencia a etapa de planejamento, além de induzir à utilização de instrumentos para o controle do uso e ocupação do solo. Em todo caso, qualquer que seja o traçado da rede e o perfil da demanda, o sistema de distribuição de água deve satisfazer algumas condições hidráulicas limitantes, como pressões, velocidades de escoamento e diâmetros.

Nesse sentido, a reservação de água objetiva atender às variações de consumo e às demandas de emergência, manter pressão mínima ou constante na rede para garantir os padrões de qualidade da água e, também, permitir a minimização dos custos com energia elétrica, uma vez que a localização dos reservatórios é o principal determinante do consumo de energia (Pelli e Hitz, 2000). Em alguns casos, unidades de pressão localizadas - boosters - podem ser utilizadas para atender pontos críticos ou locais remotos, de modo a estabelecer pressões de serviço que permitam otimizar o abastecimento da área em questão. Com relação à extensão da rede de distribuição, observa-se que, mesmo com concepções urbanísticas diferenciadas, a maioria das capitais brasileiras possui uma relação aproximada de 1,7 a 3,1 metros de rede/habitante, de acordo com dados do Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento (SNIS, 2001). Essa mesma relação é verificada, por exemplo, nas principais cidades japonesas, além de outras grandes cidades

em diferentes partes do mundo (Takahasi, 2000), indicando um certo padrão para os sistemas de distribuição de água em centros urbanos.

Em princípio, a elevada concentração da população resultante do processo de urbanização, expressa em termos de densidade demográfica, facilita a oferta e o arranjo eficiente das redes de distribuição de água, já que, pela lógica da economia de escala, ocorre um decréscimo substancial do comprimento das redes por unidade domiciliar a ser atendida. Além disso, como a dimensão das redes, a capacidade de bombeamento e o volume de reservação estão inter-relacionados, várias configurações são possíveis de modo a facilitar o esquema de distribuição de água. Entretanto, o rápido crescimento e as altas densidades dos centros urbanos brasileiros implicam em necessidades de infra-estrutura e investimentos cada vez maiores, que não são mais facilmente compensados pelas economias de escala, nem por arranjos entre os diversos componentes do sistema de abastecimento.

Além de dificultar a utilização de soluções localizadas e descentralizadas (Acioly e Davidson, 1998), o processo de urbanização concentrada induz, como consequência, uma grande parcela da população a ocupar terrenos ambientalmente frágeis e, usualmente, vedados à construção pelos códigos legais, tais como, margens de corpos d'água, encostas íngremes, mangues, áreas alagáveis, fundos de vale, dentre outros terrenos pouco propícios à edificação. Nessas áreas, caracterizadas pelo elevado contingente populacional, maiores dificuldades físicas, financeiras e institucionais implicam em sistemas de distribuição de água precários ou inexistentes, como verificado, por exemplo, por Bueno (1994), Marcondes (1999) e Maricato (2000) em áreas de proteção ambiental em São Paulo.

Ressalta-se, ainda, que sistemas de distribuição inadequados podem estar relacionados com a intermitência do fornecimento de água, o desperdício involuntário em áreas de maior pressão, o elevado número de perdas físicas, resultantes de vazamentos e extravasamentos, ou perdas provenientes de ligações clandestinas. Embora possam ocorrer também no sistema de produção (principalmente em adutoras e linhas de recalque de água bruta e tratada), é no sistema de distribuição (reservação, redes e instalações prediais) que ocorre a maior parte das perdas (Lambert, 2001). Nos sistemas com medição parcial ou irregular, as zonas de cota mais alta e em posições desfavoráveis podem, em ocorrendo desperdícios, apresentar déficit no abastecimento de água em virtude da intermitência do regime operacional, o que é sabidamente prejudicial tanto por aspectos técnicos como sanitários (Nucci *et al.*, 1985).

Em função do déficit ainda existente em termos do acesso a sistemas de distribuição de água, o emprego de redes de distribuição com diâmetro reduzido afigura-se como uma possível alternativa para a provisão adequada do abastecimento. Nesse caso, são utilizadas redes secundárias com diâmetro de 32 mm, inferiores aos preconizados na NBR 12184/94

(ABNT, 1994), mas com significativa redução dos custos de implantação (Araújo Jr. *et al.*, 1996). Segundo Mascaró (1989), as redes secundárias são responsáveis pela maior parte dos custos de uma rede de distribuição de água, o que revela a importância dessa alternativa.

Além de determinar a configuração do sistema de distribuição, a partir da concepção e localização de redes e reservatórios, o contexto urbano, em função do uso e ocupação do solo, também exerce influência sobre a demanda de água. Tradicionalmente, verifica-se uma correlação entre o consumo de água e o nível de renda, como pode ser verificado em dados do Distrito Federal (a pesquisa de informações sócio-econômicas foi realizada em 1997, enquanto que os dados de consumo de água são do ano 2000) e de Belo Horizonte (dados obtidos pela COPASA-MG em 1988) apresentados na Figura 3.4. Ressalta-se que a relação entre o espaço urbano e o nível de renda já foi evidenciada no item 3.1 e que a produção de esgotos também está condicionada ao padrão sócio-econômico da população.

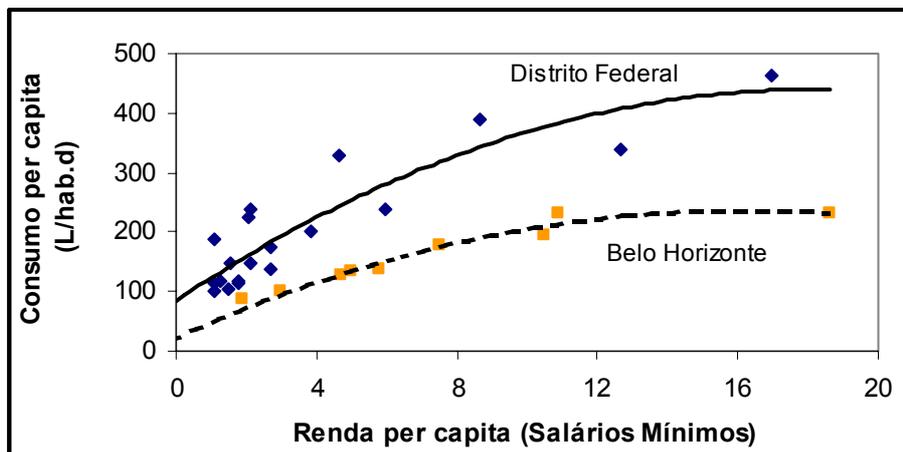


Figura 3.4 - Relação entre a renda *per capita* e o volume *per capita* de consumo de água nas regiões administrativas do Distrito Federal (CODEPLAN, 1997; CAESB, 2000) e de Belo Horizonte (Campos e von Sperling, 1996)

Em áreas urbanas complexas, onde existem zonas de usos exclusivos ou predominantes (comércio ou serviços), o consumo por unidade de área edificada consiste em uma variável mais indicada para explicar a demanda total e sua variação ao longo da área do sistema de distribuição de água (Nucci, 1983). No caso de São Paulo, esse parâmetro permaneceu no intervalo de 6,77 a 7,57 L/m².d (com 95% de probabilidade) em estudo apresentado por Nucci (1983). Esse aspecto, juntamente com os demais relacionados, permite verificar a integração do sistema de distribuição de água ao contexto urbano, desde a concepção das redes e reservatórios até os fatores que influenciam o consumo de água e determinam o acesso ao serviço. De forma análoga, essas relações assumem contornos parecidos para o caso dos sistemas de coleta e transporte de esgotos sanitários.

3.2.3 - Sistema de coleta e transporte de esgotos sanitários

O traçado do sistema de coleta e transporte de esgotos sanitários está estreitamente relacionado à topografia da cidade, uma vez que as redes coletoras e os interceptores devem ser projetados para funcionarem sempre como condutos livres. No Brasil, emprega-se, com frequência, o sistema centralizado e separador absoluto, que encaminha todo esgoto sanitário coletado para um ou poucos pontos de tratamento e disposição final. Nesse caso, necessita-se de tubulações de maiores dimensões, outros dispositivos de transporte (interceptores, emissários e, por vezes, estações elevatórias), além de estações de tratamento de esgotos de maior porte, o que acarreta em maiores custos de transporte (implantação e manutenção) e menor flexibilidade operacional. Além disso, a concepção de sistemas de esgotos centralizados pode acarretar nos seguintes inconvenientes (van Lier e Lettinga, 1999):

- obstrução das redes, no caso de sensível diminuição do consumo de água;
- emprego de estações de tratamento de esgotos mais sofisticadas;
- dependência de serviços adicionais como, por exemplo, o suprimento de energia elétrica, tornando-os instáveis em períodos de instabilidade financeira ou política.

As estações elevatórias de esgotos podem ser necessárias nos seguintes casos (Tsutiya e Alem Sobrinho, 1999): em terrenos planos e extensos, evitando que sejam empregadas profundidades excessivas para as redes; na ampliação do sistema de esgotos sanitários para áreas situadas em cotas inferiores ao sistema existente; na reversão dos esgotos de uma bacia de esgotamento para outra; e na descarga de esgotos quando não for possível o funcionamento como conduto livre. Para minimizar o uso de estações elevatórias e os custos de implantação de redes de esgotos, sistemas alternativos para coleta e transporte de esgotos sanitários vêm sendo implantados em diversas localidades do Brasil, visando à adequação ao traçado urbano e à ampliação do atendimento em um contexto de escassez de recursos financeiros.

Dentre as experiências envolvendo o uso de tecnologias consideradas de baixo custo para a construção de redes coletoras de esgotos, destacam-se as redes de esgotos simplificadas (Mara e Guimarães, 1999) e o sistema condominial (Melo, 1985), que possuiu aplicação em várias cidades brasileiras a partir de meados da década de 1980 (Pontes *et al.*, 1996). O padrão simplificado, reportado na NBR 9.649/86 (ABNT, 1986), procura dotar as redes coletoras de esgotos de uma disposição física mais racional, evitando grandes profundidades ao admitir coletores públicos nos passeios e estabelecendo o diâmetro mínimo de 100 mm para as redes.

O sistema condominial, por sua vez, propõe uma significativa redução dos custos, com a minimização da rede coletora pública e o emprego de ramais condominiais nos espaços internos aos lotes ou sob o passeio (Andrade Neto, 1985). Segundo Nazareth (1998), a profundidade utilizada é a mínima possível, tendo em vista o aproveitamento da topografia natural do terreno, a flexibilidade de traçado e a exigência de recobrimentos reduzidos em função da localização da rede coletora de esgotos em áreas protegidas. Desse modo, o sistema condominial apresenta baixo custo de construção dos coletores, mais econômicos que os sistemas convencionais, e menor custo de operação. A Figura 3.5 apresenta as configurações do sistema convencional e do sistema condominial, incluindo os diferentes tipos de ramais (jardim, fundo de lote e passeio).

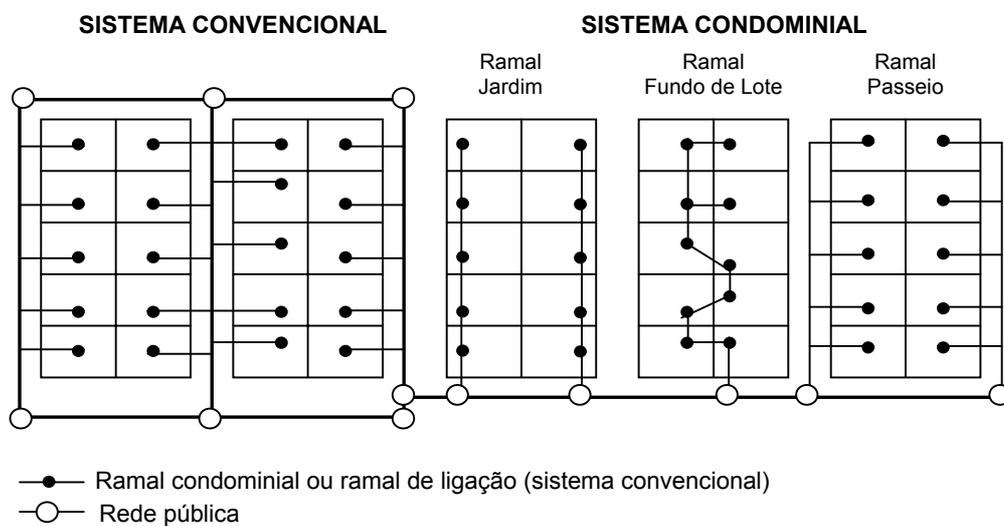


Figura 3.5 - Representação esquemática do sistema convencional e sistema condominial

O sistema condominial foi desenvolvido de forma pioneira para atender a uma população de pouco mais de 15.000 habitantes dos bairros de Rocas e Santos Reis em Natal (Andrade Neto, 1985). No Distrito Federal, esse tipo de sistema foi implementado com relativo sucesso em larga escala, como indica o trabalho de Nazareth (1998). Uma das vantagens do emprego de sistemas condominiais, segundo Acioly e Davidson (1998), consiste em uma redução significativa dos custos por família, à medida em que a densidade demográfica aumenta (nas duas localidades de Natal, por exemplo, a densidade média era de 350 habitantes/ha). Segundo Mara e Guimarães (1999), os sistemas simplificados de coleta de esgotos possuem potencial para a aplicação até mesmo em países desenvolvidos.

Por outro lado, van Lier e Lettinga (1999) apontam soluções que se apóiem em densidades mais baixas de ocupação do espaço ou novas relações entre espaço urbanizado e espaço natural que possam representar ganhos do ponto de vista ambiental e reduções de custo da produção e gestão dos sistemas. A baixa densidade permite a utilização de soluções localizadas e descentralizadas de esgotamento sanitário que, por

consequente, podem oferecer flexibilidade técnica e base financeira adequada para um processo gradual de melhoria dos sistemas ao longo do tempo.

No caso do Brasil, apesar das vantagens apresentadas pelo sistema condominial, fundamentadas na redução dos custos de engenharia, verifica-se a ausência de estudos que identifiquem a natureza e magnitude dos custos que extrapolam aqueles relativos à implantação física das redes (Pontes *et al.*, 1996). O ingrediente diferencial das soluções de baixo custo é o aspecto positivo da participação e do envolvimento dos usuários nas diversas fases do processo: projeto, construção, operação e manutenção. Essa participação, apesar de importante, agrega custos ao produto final ofertado à população de baixa renda, onerando o indivíduo com outros encargos que somam à usual cobrança de tarifa. No Recife, por exemplo, a falta de prioridade dada à gestão dos serviços, incompatível com a opção tecnológica empregada, levou a uma precária qualidade dos sistemas condominiais existentes (Pontes e Costa, 1996).

Ainda com relação às possíveis alternativas para os sistemas de saneamento, deve-se destacar que o percentual de atendimento por rede de esgotos apresenta um caráter contraditório, pois a existência de um sistema de coleta de esgotos não tem implicado necessariamente no tratamento, o que resulta na necessidade de avaliação dos impactos ambientais e dos prejuízos à saúde pública.

3.2.4 - Sistema de tratamento e disposição final de esgotos sanitários

No Brasil, apenas uma pequena parcela do esgoto coletado nas áreas urbanas recebe qualquer tipo de tratamento, provocando, dentre outros problemas:

- a degradação dos corpos receptores, em função do lançamento de esgotos brutos;
- a contaminação de águas subterrâneas, principalmente pela infiltração dos efluentes de sistemas individuais de tratamento de esgotos não concebidos ou operados de forma adequada.

Diante dessa realidade e considerando-se as condições ambientais, culturais e sócio-econômicas do país, Campos (1999) enfatiza a utilização de soluções simples, com elevada relação custo-benefício, tais como processos naturais de tratamento (como lagoas de estabilização e processos de disposição no solo) e processos anaeróbios, que não exigem equipamentos sofisticados e o uso de energia elétrica.

Com efeito, apesar da exigência de maiores áreas e de terreno adequado (tipo de solo e relevo), o Brasil oferece condições extremamente favoráveis para a aplicação desses processos de tratamento, devendo-se avaliá-los como alternativa, mesmo que seja necessário o transporte dos esgotos até um local adequado. A Tabela 3.2 apresenta

estimativas das áreas requeridas para alguns dos processos naturais e anaeróbios de tratamento de esgotos, que podem ser utilizados em áreas urbanas.

Tabela 3.2 - Energia e áreas requeridas por alguns processos de tratamento de esgotos

Processos de Tratamento	Sistemas de Tratamento	Energia (W/hab.)	Área (m ² /hab.)	
Anaeróbios	Reator UASB	Sem consumo significativo de energia	0,05 - 0,1	
	Fossa séptica c/ filtro anaeróbio		0,2 - 0,4	
Naturais	Wetlands construídas		Fluxo vertical	0,3 - 1,0
			Fluxo horizontal	6,0 - 10,0
	Disposição no solo		Infiltração no solo	4,0 - 20,0
			Escoamento superficial	1,0 - 10,0
	Filtro de areia intermitente		2,0 - 5,0	
	Lagoa facultativa		2,0 - 5,0	
Lagoa anaeróbia - lagoa facultativa	1,5 - 3,5			
Aeróbios	Lagoas aeradas		1,0-1,7	0,2-0,5
	Lodos ativados	Convencional	1,5 - 2,8	0,2 - 0,3
		Aeração prolongada	2,5 - 4,0	0,25 - 0,35
		Fluxo intermitente	1,5 - 4,0	0,2 - 0,3
	Filtros biológicos	Baixa carga	0,2-0,6	0,5-0,7
		Alta carga	0,5-1,0	0,3-0,45
Biodiscos	0,7-1,6	0,15-0,25		

Fontes: Arceivala (1986); Burkhard *et al.* (2000); von Sperling (1996)

Por outro lado, a maior parte dos esgotos que recebem tratamento no Brasil passa por estações de tratamento de grandes cidades, nas quais se optou pela centralização e adoção de tecnologias sofisticadas, em uma concepção típica de países industrializados (Harremoës, 1997). Os sistemas de esgotos centralizados funcionam de forma satisfatória na questão de promover condições de higiene adequadas para as cidades, mas, além do elevado consumo de energia elétrica e do aumento da entropia (Branco, 1999), necessitam de tratamentos cada vez mais complexos antes da descarga do efluente no meio ambiente. A questão do suprimento de energia e as menores áreas requeridas por alguns processos de tratamento aeróbios encontram-se, para comparação com os processos naturais e anaeróbios, também apresentadas na Tabela 3.2.

O emprego de processos aeróbios no Brasil, em particular do sistema de lodos ativados, iniciou-se em 1934, com a ETE Jesus Netto em São Paulo e, mais efetivamente, a partir da década de 1960, com estações de tratamento no Rio de Janeiro (Ilha do Governador) e na Asa Sul e Asa Norte de Brasília (ver item 6.1.3). Apesar das vantagens em se utilizarem processos de tratamento menos sofisticados, o sistema de lodos ativados teve bom desenvolvimento, sendo o processo adotado em algumas estações de grande porte do país. Em São Paulo, por exemplo, apesar de existirem estudos para a utilização de

lagoas de estabilização (como o Plano Metropolitano de Desenvolvimento Integrado, ou "Solução Integrada", proposto no final da década de 1960) aprovou-se, em meados da década de 1970, o Projeto de Saneamento da Grande São Paulo - SANEGRAN, que preconizava o uso do processo de lodos ativados em três grandes estações de tratamento (Rodrigues e Jordão, 1989). Essa solução caracterizou-se pela elevada dimensão, sofisticação e custo das obras e só foi efetivamente concretizada na década de 1990, com algumas modificações (Bueno, 1994).

Mesmo nos países desenvolvidos, existe uma tendência em se utilizarem sistemas de esgotos descentralizados nas áreas urbanas, como evidenciado por van Lier e Lettinga (1999), por propiciarem um menor consumo de energia e uma maior adequação aos requisitos de sustentabilidade ambiental. van Lier e Lettinga (1999), por exemplo, sugerem uma abordagem com ênfase na utilização de reatores anaeróbios e de processos naturais para o pós-tratamento dos efluentes, cuja combinação também vem sendo investigada no Brasil (Campos, 1999).

3.3 - CONSIDERAÇÕES FINAIS: SANEAMENTO E PLANEJAMENTO URBANO

As questões vinculadas ao abastecimento de água e ao destino adequado dos esgotos sanitários são resultantes do processo de urbanização, em que as condições sócio-econômicas, as características do espaço urbano e as formas de uso e ocupação do solo, além de aspectos técnicos, determinam o perfil do atendimento e as configurações dos referidos sistemas. A Figura 3.6 apresenta uma sistematização dessas relações, onde o domicílio urbano, em função dos aspectos apontados anteriormente, afigura-se como um componente central. O contexto apresentado na Figura 3.6 define alguns padrões de interação entre a comunidade e o ambiente urbano e as diferentes formas pelas quais essas interações influenciam os sistemas de abastecimento de água e de esgotos sanitários, devendo se constituir, portanto, no cenário de atuação do planejamento.

Em geral, observa-se que as ações de saneamento não têm sido consideradas no âmbito do planejamento urbano, mas, apenas, como resposta ao processo de urbanização. Apesar do contexto histórico e das dificuldades, principalmente de ordem política e econômica, em se obterem práticas de planejamento mais eficientes, deve-se vislumbrar uma revisão do próprio processo de desenvolvimento e a construção de uma nova concepção urbanística que, no caso do saneamento, promova sua (re)integração ao planejamento das cidades.

Para a formulação de um novo modelo, necessita-se de uma abordagem interdisciplinar, que não trate somente dos aspectos tecnológicos dos sistemas de abastecimento de água e de esgotos sanitários e de suas relações com o contexto urbano, mas que incorpore os diferentes fatores determinantes dessas ações de saneamento e os

efeitos decorrentes de sua implementação (Varis e Somlyódy, 1997; Burkhard *et al.*, 2000). A construção teórica a ser desenvolvida deve observar, ainda, a necessidade de se arranjar as diferentes dimensões envolvidas na etapa de planejamento, de modo a possibilitar a implementação adequada, racional e sustentável de sistemas de saneamento. A partir dessa concepção, vislumbra-se que as ações de saneamento possam atuar, efetivamente, como indutoras da organização do espaço urbano e não somente como conseqüências do processo de urbanização.

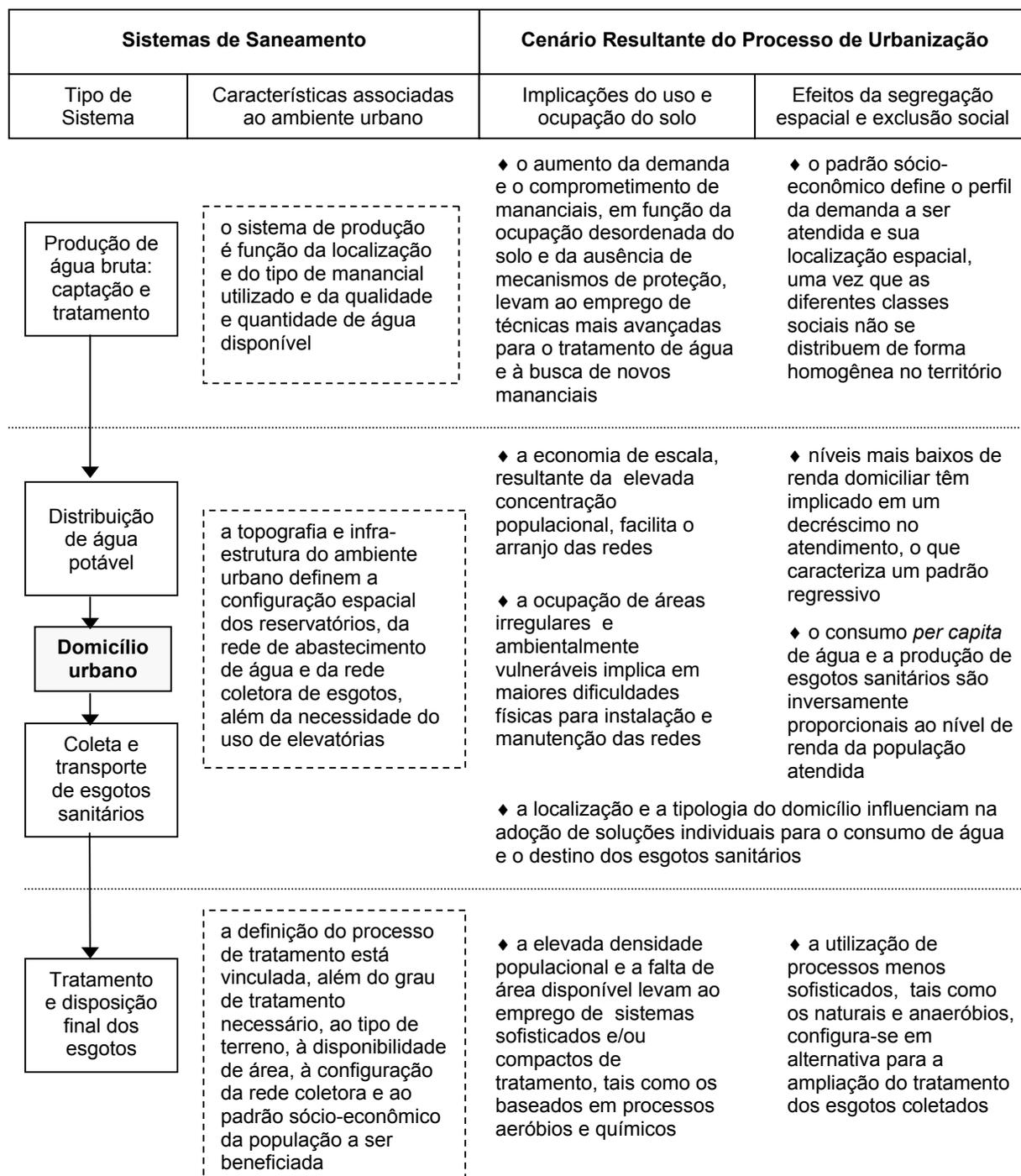


Figura 3.6 - Relações entre os sistemas de abastecimento de água e de esgotos sanitários e o cenário resultante do processo de urbanização

4 - AVALIAÇÃO DE ASPECTOS POLÍTICO-INSTITUCIONAIS E ECONÔMICO-FINANCEIROS DO SETOR DE SANEAMENTO NO BRASIL²

Atualmente, a estrutura do setor de saneamento no Brasil é caracterizada, de um lado, pelo esgotamento do modelo de financiamento existente e, de outro, por um intenso processo de debates e articulações em torno da formulação e implementação de novos arranjos institucionais para o setor, processo esse cujo resultado encontra-se, ainda, indefinido. Como essa conjuntura influencia sobremaneira o planejamento e os critérios de análise das ações de saneamento, sua compreensão é fundamental quando se objetiva definir elementos constituintes de um modelo conceitual de planejamento.

Em princípio, com o propósito de utilizar esses elementos como subsídios para a composição do modelo, são considerados os aspectos institucionais, os mecanismos de investimento e de alocação de recursos financeiros e os fatores econômicos que influenciam e norteiam as ações para o abastecimento de água e o desenvolvimento de sistemas de esgotos sanitários. A avaliação desses aspectos é composta por um levantamento histórico do setor de saneamento no Brasil e pela descrição de sua situação atual, de modo a se discutirem suas deficiências e apresentar suas novas perspectivas de organização. Nesse sentido, discutem-se alternativas para a regulação da prestação dos serviços e uma sistematização dos aspectos econômico-financeiros relacionados com o setor.

4.1 - EVOLUÇÃO HISTÓRICA DO SETOR DE SANEAMENTO NO BRASIL

A Tabela 4.1 apresenta a evolução histórica do saneamento no Brasil, a partir da identificação dos modelos de gestão, dos mecanismos de financiamento e desenvolvimento institucional, do contexto econômico e da relação entre os setores público e privado.

Em meados do século XIX até o início do século XX, o Estado funcionou como o poder concedente na formação de empresas que se dedicaram a construir as primeiras redes de abastecimento de água e de esgotos sanitários no Brasil (Mendes, 1992). Embora tenha propiciado a construção de sistemas em diversas cidades, o antigo processo de concessão à iniciativa privada não obteve resultados satisfatórios, pois enfatizou apenas os sistemas de abastecimento de água nas áreas centrais dos núcleos urbanos. O crescimento das cidades, a restrição do atendimento à demanda além de diversas pressões populares, devido à má qualidade dos serviços prestados, levaram o Estado a intervir diretamente no setor (Costa, 1994). A crise econômica e política dos anos de 1930 também colaborou para conferir um caráter centralizador e uma maior autonomia ao Estado, dando espaço para o surgimento de políticas sociais de âmbito nacional, porém com aplicabilidade restrita às áreas urbanas (Singer, 1987). Entretanto, ainda em 1940, estima-se que menos da metade

² Uma versão deste capítulo foi submetida à revista *Engenharia Sanitária e Ambiental*.

da população urbana do país (31% da população total) era atendida com sistema de abastecimento de água (Costa, 1983).

Tabela 4.1 - Panorama histórico da prestação de serviços de abastecimento de água e de esgotos sanitários no Brasil

Período	Principais características	Marcos importantes
meados do século XIX até a década de 1920	<ul style="list-style-type: none"> ✓ o Estado propiciava a concessão de serviços de água e esgoto à iniciativa privada ✓ busca de autonomia dos serviços com a constituição de autarquias e de mecanismos de financiamento para sistemas de abastecimento de água 	<ul style="list-style-type: none"> ✓ implementação dos primeiros sistemas de água e esgotos nas cidades de São Paulo, Rio de Janeiro, Recife e Santos ✓ intervenções caracterizadas por ações pontuais e técnicas em áreas vitais para a economia, como cidades portuárias
década de 1930 até a década de 1940	<ul style="list-style-type: none"> ✓ o Estado passa a intervir na economia, porém com excessiva dependência de recursos orçamentários ✓ alguns sistemas conjugavam recursos estaduais e municipais em complemento aos recursos da União 	<ul style="list-style-type: none"> ✓ 1940 – criação do Departamento Nacional de Obras e Saneamento (DNOS) ✓ 1942 – criação do Serviço Especial de Saúde Pública (SESP), vinculado ao Ministério da Saúde
década de 1950 até início da década de 1960	<ul style="list-style-type: none"> ✓ acentuação do caráter intervencionista do Estado ✓ os empréstimos estrangeiros passam a ser a fonte mais importante de recursos 	<ul style="list-style-type: none"> ✓ 1953 - criação, em âmbito nacional, do Plano de Financiamento de Serviços Municipais de Abastecimento de Água
1964 até o fim da década de 1960	<ul style="list-style-type: none"> ✓ instauração de regime militar de governo, com concentração de recursos e centralização das decisões na esfera federal ✓ limitação de aplicações a fundo perdido e instituição de sistema financeiro via tarifa 	<ul style="list-style-type: none"> ✓ 1966 – Plano de Desenvolvimento Econômico estabelece metas para os sistemas de água e esgotos ✓ 1968 – criação do Sistema Financeiro de Saneamento (SFS) gerido pelo Banco Nacional da Habitação (BNH)
década de 1970	<ul style="list-style-type: none"> ✓ centralização nas companhias estaduais, excluindo o poder local de participação no processo decisório ✓ planejamento e coordenação do setor em nível nacional ✓ modelo de sustentação tarifária por meio de "subsídios cruzados" 	<ul style="list-style-type: none"> ✓ 1971 - formulação do Plano Nacional de Saneamento (PLANASA) ✓ evolução dos índices de atendimento por sistemas de abastecimento de água (51 a 77%) e esgotos (26 a 31%) em áreas urbanas
década de 1980	<ul style="list-style-type: none"> ✓ modelo de intervenção estatal sofre os reflexos da crise política, fiscal e econômico-financeira do país ✓ discussão de arranjos institucionais 	<ul style="list-style-type: none"> ✓ 1981 - instituição da Política Nacional de Meio Ambiente ✓ 1986 – extinção do BNH, sem a consolidação de um órgão nacional que formulasse a política do setor
década de 1990 até início do século XXI	<ul style="list-style-type: none"> ✓ indefinição quanto à obtenção de novos recursos para o setor ✓ constatação técnica do esgotamento do modelo institucional e financeiro para o saneamento ✓ início da discussão de propostas para a reformulação do setor, inclusive com a tramitação de projetos de lei no Congresso Nacional 	<ul style="list-style-type: none"> ✓ pequenos declínios dos índices de abastecimento de água e baixíssimos índices nacionais de tratamento de esgotos ✓ 1998 - suspensão dos recursos do FGTS para o financiamento de empreendimentos de saneamento ✓ vencimento de concessões feitas pelos municípios às companhias estaduais na época do PLANASA

Fontes: Costa (1983), Costa (1994), Mendes (1992), Monteiro (1983), Oliveira e Rutkowski (2000) e Pires (1983)

A partir de 1952, o Serviço Especial de Saúde Pública - SESP (transformado posteriormente em Fundação - FSESP, vinculada ao Ministério da Saúde) começou a assinar convênios com os municípios para construção, financiamento e operação de sistemas de saneamento. Os recursos provinham de fundos formados com o dinheiro público, e previam o retorno das aplicações por intermédio de tarifas ou mesmo de receita dos municípios. A década de 50, segundo Oliveira e Rutkowski (2000), é marcada pelo fortalecimento do projeto nacional de desenvolvimento, que preconizava como papel do Estado o provimento de condições estratégicas para o desenvolvimento, priorizando o fornecimento de infra-estrutura econômica. Na década de 1960, quando os empréstimos, sobretudo estrangeiros, passam a ser a fonte mais importante de recursos, buscou-se a expansão da oferta dos serviços por meio da alocação de recursos retornáveis (Costa, 1994). Esse modelo, segundo Oliveira e Rutkowski (2000), foi implementado com as companhias estaduais, constituídas a partir da adoção de um novo conceito de eficiência, no qual os interesses financeiros de recuperação de investimentos prevaleceram sobre os interesses sociais, o que, segundo esses autores, caracterizou de um modo geral as políticas públicas do pós-64.

Em 1967, cerca de 45% da população urbana brasileira eram atendidas por sistema de abastecimento de água, enquanto que apenas 24% dessa população possuíam acesso à rede coletora de esgotos (Costa, 1983). A dificuldade em reverter esse quadro, decorrente do elevado crescimento populacional das regiões urbanas, aliada ao modelo de intervenção estatal consolidado durante o regime militar, levou o governo a instituir o Plano Nacional de Saneamento - PLANASA, responsável por mudanças significativas na prestação dos serviços de saneamento a partir da década de 1970 e pelo fortalecimento da expressão saneamento básico, incluindo apenas os sistemas de abastecimento água e esgotos sanitários que foram contemplados no Plano.

Do ponto de vista econômico e institucional, o PLANASA foi a última tentativa nacional de desenvolvimento do setor saneamento, embora com características julgadas prejudiciais aos municípios. A condição para a participação em seu programa implicava repasse do patrimônio e das instalações existentes nos municípios às recém formadas companhias estaduais de saneamento, a partir das quais todo plano era operado. Desse modo, a companhia estadual habilitava-se aos empréstimos do então Banco Nacional de Habitação - BNH (com as funções incorporadas, após sua extinção, pela Caixa Econômica Federal - CEF), cujos recursos eram obtidos do saldo de depósitos do Fundo de Garantia por Tempo de Serviços - FGTS e dos retornos de suas operações de crédito (Monteiro, 1983).

Excluídos do acesso aos financiamentos do BNH, os municípios que não integraram o PLANASA, autônomos ou que permaneceram ligados à Fundação SESP, constituíram, desde então, o núcleo da crítica ao caráter centralizador do Plano, bem como de defesa da

natureza municipal das ações de saneamento (Arretche, 1995). Contudo, mesmo à margem dos financiamentos e obrigados a custear os investimentos com recursos de outras fontes, em particular os do orçamento fiscal, alguns municípios conseguiram elevar os níveis de atendimento em volume igual ou superior aos do PLANASA (SEPURB, 1995a). Os melhores desempenhos municipais estão nos estados das regiões Sul e Sudeste, os quais compreendem cerca de 94% dos serviços municipais independentes de saneamento do país. Observa-se, segundo Justo e Silva (1998), que a renda *per capita* desses municípios, sua capacidade de arrecadação ou até mesmo uma maior capacidade de mobilização política de sua população podem ser os fatores responsáveis pelos maiores índices de cobertura.

O regime tarifário instituído pelo PLANASA estabelecia que as tarifas de saneamento deveriam ser suficientes para cobrir a totalidade dos custos de serviço, onde se incluíam: a) as despesas de exploração; b) a depreciação, previsão para devedores e amortização dos empréstimos; e c) a remuneração do investimento. Além disso, as tarifas deveriam garantir, às companhias estaduais em condições eficientes de operação, uma remuneração adequada sobre seu investimento reconhecido, visando ao alcance do equilíbrio econômico e financeiro (Pires, 1983). Com efeito, segundo Mendes (1992), o modelo de gestão adotado pelo PLANASA consistia na minimização das aplicações a fundo perdido, de forma a se obterem economias de escala e maior eficiência na gestão empresarial, uma vez que o BNH condicionava a aprovação dos projetos à sua viabilidade econômica e financeira.

O paradigma principal do modelo adotado previa que os municípios supostamente deficitários seriam subsidiados pelos municípios superavitários, partindo do pressuposto que grande parcela dos municípios não teria capacidade financeira para ser auto-suficiente via tarifa. Esse mecanismo, conhecido como subsídio cruzado, ao fixar uma tarifa única para todo estado exigia a viabilidade somente para as companhias estaduais, ou seja, a viabilidade global do conjunto de sistemas operados por cada empresa (Costa, 1994; Oliveira e Rutkowski, 2000; Pereira *et al.*, 2000).

Essa estrutura de financiamento, baseada no sistema tarifário instituído pelo PLANASA e ainda em vigor, possui dois problemas cruciais (Pereira *et al.*, 2000³): em primeiro lugar, os consumidores de municípios que têm serviços economicamente equilibrados subsidiam os de outros municípios, procedimento que contribui para inviabilizar os investimentos necessários. Ademais, esse modelo não permite identificar, com transparência, o destino dos subsídios, pois promove tal benefício a todos os usuários de um determinado serviço, independente do nível de eficiência operacional. O modelo adotado

³ Os autores fazem referência ao trabalho "Flexibilização Institucional da Prestação de Serviços de Saneamento – Volume 3 da Série Modernização do Setor Saneamento" (SEPURB, 1995b), no qual tiveram participação direta.

não permite tampouco quantificar as transferências, de modo que encobre a ineficiência e induz a desperdícios, uma vez que não sinaliza o real valor econômico dos serviços.

Em termos de planejamento, o modelo dos serviços prestados pelas companhias estaduais não evitou o aparecimento de algumas distorções (Monteiro, 1983; Pires, 1983), tais como:

- super estimativas na previsão de desenvolvimento urbano, principalmente nas áreas de maior concentração populacional, conduzindo a sistemas de abastecimento de água com capacidade ociosa elevada;
- fixação de tarifas insuficientes à cobertura dos gastos operacionais e dos encargos financeiros;
- custos operacionais e investimentos excessivos, obrigando a tarifas superiores à capacidade de pagamento dos usuários, por ampliações realizadas sem avaliação das perdas ou em sistemas de grande porte que poderiam ter sido executados por etapas.

A implantação de uma modalidade única de oferta de serviços em todo território nacional só foi possível porque os executores da política federal de saneamento contavam com condições políticas e institucionais bastante favoráveis à subordinação dos governos locais. De acordo com Arretche (1999), o governo federal não contava apenas com um banco federal de fomento, o BNH, dotado de recursos abundantes advindos da arrecadação do FGTS, mas, também, beneficiava-se do fato de que o Estado brasileiro, durante o regime militar, funcionava, na prática, como estado unitário. No entanto, a experiência brasileira vem consolidando, desde meados da década de 1980, um movimento em direção à descentralização das políticas públicas a partir da distensão desse regime centralizado (Oliveira e Rutkowski, 2000). De fato, o agravamento da crise econômico-financeira no início da década de 1980 (Monteiro, 1983) e o fim do BNH, em 1986, levaram os estados e municípios a assumir, por forças das circunstâncias, a descentralização de investimentos, sendo responsáveis por responder ao desequilíbrio entre a oferta e a demanda em meio à escassez de recursos.

A situação do setor de saneamento tornou-se especialmente crítica a partir de 1991 quando o Governo e a CEF contrataram empréstimos muito acima das possibilidades do FGTS. O Conselho Curador do FGTS foi obrigado a sustar a realização de novas contratações e reescalonar as liberações de recursos para as obras de saneamento (SEPURB, 1995a), até que a situação se regularizasse, o que ainda não aconteceu. A prestação dos serviços de abastecimento de água e de esgotos sanitários encontra-se, ainda hoje, concentrada principalmente em operadores públicos, predominantemente no papel das companhias estaduais que atendem a cerca de 70% dos municípios brasileiros (SNIS, 2001).

O esgotamento dos mecanismos de financiamento do setor, com base nos princípios do Sistema Financeiro de Saneamento (SFS) e do PLANASA, determinou uma significativa alavancagem de recursos de terceiros para a realização dos investimentos. Esse fato gerou um nível de endividamento considerável que, pela natureza das empresas do setor, causou impacto ao endividamento público, além de impedir o acesso a novos financiamentos para expansão e melhorias, tanto dos serviços de abastecimento de água como de esgotos sanitários (Pereira e Abicalil, 1999). Assim, tendo em vista o esgotamento do modelo vigente, discutem-se, atualmente, inúmeras propostas para a reformulação do setor no Brasil, que devem influenciar a capacidade de planejamento e viabilidade de expansão ou implementação de sistemas de abastecimento de água e de esgotos sanitários.

4.2 - REGULAÇÃO DA PRESTAÇÃO DOS SERVIÇOS DE SANEAMENTO

No processo de mudanças em que se encontra o setor de saneamento, a questão da regulação é parte fundamental, pois implica na capacidade de gestão dos diferentes níveis de governo, definindo a forma pela qual se pode atingir uma eficiência de gestão e planejamento associada à compatibilidade econômica e financeira. A Figura 4.1 apresenta as principais funções relacionadas com a organização e operação dos sistemas de abastecimento de água e de esgotos sanitários. Observa-se que duas funções estão estreitamente relacionadas com a provisão dos serviços de saneamento: a) a capacidade de planejamento; e b) os mecanismos de financiamento responsáveis pela capacidade de investimento em infra-estrutura.



Figura 4.1 - Funções envolvidas no processo regulatório dos serviços de abastecimento de água e de esgotos sanitários. Fonte: adaptado de Kraemer (2000)

Para Conforto (2000), a estrutura da atividade regulatória deve ser relacionada com algumas características do setor de saneamento: sua natureza de serviço essencial e de bem público (responsabilidade do Estado), a estrutura do mercado e suas externalidades sobre a saúde pública e o meio ambiente e as exigências de coordenação setorial e

planejamento. Segundo Spiller e Savedoff (2000), é importante também vincular cuidadosamente a atividade regulatória com o ambiente institucional de cada país. No Brasil, o modelo de administração estabelecido pelo PLANASA, ainda em vigor, acarretou em um duplo papel para as companhias estaduais quanto aos aspectos de regulação dos serviços de saneamento: a) papel de regulador, no planejamento, coordenação e definição dos padrões dos serviços e b) papel de regulado, quando responsável pela operação dos sistemas de abastecimento de água e de esgotos sanitários.

Além disso, destacam-se, ainda, as seguintes disfunções (SEPURB, 1995b): a) o caráter ambíguo de sua inserção como empresa ou serviço público; b) a ausência de normas e critérios que regulem o relacionamento entre os órgãos estaduais e os órgãos municipais autônomos; e c) a ausência de instrumentos de integração com a saúde pública, os recursos hídricos e o meio ambiente. Como muitos contratos de concessão estão vencidos, ou em fase final de vigência, existe uma expectativa para o estabelecimento de novas bases para a concessão dos serviços. Nesse sentido, ganha especial importância a identificação das proposições dos setores e agentes envolvidos e interessados na regulação dos serviços de abastecimento de água e de esgotos sanitários, bem como a análise de leis e projetos diretamente relacionados com o setor.

A Lei Federal 8.987/95, por exemplo, que trata das concessões, possibilita a flexibilização da estrutura de mercado, incluindo o aproveitamento das estruturas estaduais ou municipais existentes, bem como prevendo alternativas de prestação dos serviços, por meio de novas modalidades de organização e de parcerias, inclusive com as comunidades e a iniciativa privada. A lei amplia, também, as opções de organização dos serviços, com a possibilidade de contar-se com o aporte de novos recursos financeiros.

No fim de 1999, já tramitavam no Congresso Nacional várias proposições de interesse para o setor de saneamento, que procuravam, entre outras providências, instituir normas para fixação de tarifas a serem cobradas pelo abastecimento de água e pelos serviços de esgotos sanitários no país; regular a transferência do controle das instituições provedoras desses serviços; estabelecer normas de cooperação entre os diversos níveis de governo para a prestação dos serviços; e dispor sobre a política nacional de saneamento e seus instrumentos (Moraes e Borja, 2001; Pereira Jr. e Araújo, 2001). Recentemente, ganharam destaque as tramitações do Projeto de Lei - PL - 2.763/2000 e do novo projeto de lei do Poder Executivo Federal (PL 4.147/2001), que têm por objetivo instituir as diretrizes nacionais para a prestação dos serviços públicos de saneamento básico. A análise dessas duas propostas permite identificar diferentes estratégias de regulação do setor, conforme apresentado na Tabela 4.2.

Com relação à questão da titularidade, apresentada na Tabela 4.2, o que caracteriza o serviço público de interesse local é a predominância do interesse do município sobre o

interesse estadual ou federal, não a exclusividade do interesse municipal (Pereira Jr. e Araújo, 2001). Além disso, os sistemas de distribuição de água potável e coleta de esgotos sanitários são, em qualquer circunstância, locais, pois estão sempre associados ao urbanismo das cidades. Em todo caso, com exceção da região Nordeste, a maior parte dos municípios brasileiros pode dispor de sistemas que se enquadrem completamente na característica de serviço local, isto é, com acesso a um manancial (captação direta no curso d'água, em um reservatório de superfície ou por meio de poço), cuja utilização esteja limitada à população do próprio município (Araújo, 1999). Para essa situação, sob o ponto de vista institucional, a titularidade é dos municípios, ainda que possa haver restrições quanto ao aporte de cargas poluidoras nos corpos receptores.

Tabela 4.2 - Principais aspectos de projetos de lei que tratam do setor de saneamento (PL 4.147/2001 X PL 2.763/2000)

Questões	PL 4.147/2001	PL 2.763/2000
Definição de saneamento	Água e esgotos	Água, esgotos, resíduos sólidos e drenagem urbana
Titularidade	O município é titular nos serviços de interesse local, o Distrito Federal em sua área geográfica e o estado nos serviços de interesse comum	Cabe ao município, mesmo nos serviços de interesse comum
Diretrizes ou Princípios	Universalização do atendimento; Respeito ao direito dos usuários; Estímulo à competitividade, à eficiência econômica e à sustentabilidade econômica; Participação da população	Descentralização e eficiência; Incentivo à implantação de soluções conjuntas; Prestação de serviços orientada pela máxima produtividade; Recursos financeiros segundo critérios de saúde pública e do meio ambiente; Participação da população
Interface com os recursos hídricos (Atribuições da Agência Nacional de Água)	Exercerá atividades de coordenação nacional das atividades de regulação dos serviços de saneamento	Não desempenha um trabalho de controle do setor de saneamento

Fonte: ABES (2001a)

Segundo Araújo (1999), no caso de um município lançar seu esgoto sem tratamento em um curso d'água, causando danos à saúde pública e ao meio ambiente, cabe às autoridades competentes impor as devidas sanções administrativas ao município e não assumir a titularidade do serviço em relação ao tratamento. Pereira Jr. e Araújo (2001) destacam, ainda, que as exigências de tratamento dos esgotos antes de lançá-los nos corpos receptores é amplamente amparada pela legislação ambiental, em especial pela Lei 9.605/98 (Lei de Crimes Ambientais), cujo artigo 54, se colocado em prática pelo Ministério Público, provocaria significativas mudanças no setor.

No caso das regiões de aglomeração urbana, o abastecimento de água é viabilizado, com elevada frequência, mediante sistemas produtores que atendem a dois ou mais

municípios, caracterizando uma função de interesse comum. Atualmente, a posição clássica no Brasil, mesmo no que se refere a municípios integrantes de regiões metropolitanas, tem sido a seguinte: os serviços de saneamento interessam com maior força ao usuário munícipe do que aos demais habitantes do estado e do país, qualificando-se como de interesse local. Os projetos de lei anteriormente citados, no entanto, flexibilizam esse entendimento. Na Tabela 4.2, por exemplo, mostra-se que titularidade é sempre municipal (PL 2.763/2000) ou em determinadas situações, prevaleceria o interesse comum a um ou mais municípios, passando a titularidade para os estados (PL 4.147/2001).

Moraes e Borja (2001) defendem o município como único titular sobre os serviços de saneamento, uma vez que a competência municipal já estaria definida pela Constituição Federal. Segundo os autores, no caso das regiões metropolitanas e aglomerações urbanas, deve-se separar poder concedente e ação conjunta. A integração para a organização, o planejamento e a execução de funções públicas de interesse comum está ligada à ação conjunta, como defendido pelo PL 2763/2000, permanecendo a titularidade com os municípios e constituindo, assim, uma forma de cooperação e não de gestão compartilhada. Além disso, entre suas diretrizes principais, o PL 2.763/2000 também defende a descentralização.

A descentralização da prestação dos serviços de abastecimento de água e de esgotos sanitários se constitui na principal tendência verificada no mundo, onde a responsabilidade maior cabe aos municípios, com ou sem a participação da iniciativa privada (Cesano e Gustafsson, 2000; Hall, 2001). Na América Latina, por exemplo, ocorre um processo de descentralização gradual, passando a responsabilidade pelos serviços de saneamento da esfera central ou provincial para os municípios, como por exemplo no Peru, Chile e, particularmente, no México (Spiller e Savedoff, 2000). Segundo Ozuna e Gómez (2000), o bom desempenho de empresas municipais no México é, em parte, obtido ao se relacionar a provisão dos serviços e as decisões sobre investimentos e tarifas, com uma autoridade mais estreitamente vinculada à área do serviço em questão. Essa tese também é defendida por Camagni *et al.* (1998), que enfatizam, em concordância com Lee (2000), a importância da participação da população e a lógica em se desenvolverem políticas sustentáveis a partir da esfera municipal.

No Brasil, o fator principal para que não seja discutida a autonomia municipal para a concessão de serviços de saneamento talvez seja a multiplicidade de realidades que prevalece no país (Pereira Jr. e Araújo, 2001). Regiões mais ricas e com melhor nível de educação e participação da sociedade certamente optarão por serviços prestados pelo poder local. Em estados onde os municípios ainda não dispõem de boas condições financeiras e de suficiente capacidade organizacional, é mais provável que prevaleça a prestação de serviços pelas empresas estaduais de saneamento. Muitos municípios,

inevitavelmente, concederão esses serviços à iniciativa privada e, provavelmente, alguns estados promoverão a privatização de suas empresas estaduais de saneamento.

Uma vez que se trata de serviço essencial e prestado em regime de monopólio, cogita-se a participação de empreendedores privados, desde que submetidos à regulação e ao controle público (Pereira e Abicalil, 1999; Pereira *et al.*, 2000). Para Moreira (1998), a exemplo de outros serviços públicos, o ingresso de capitais financeiros e gerenciais privados não se apresenta apenas como alternativa, pois afigura-se fundamental para o desenvolvimento do setor e o pleno atendimento à população. Esse é o modelo que vem sendo implementado, por exemplo, no Chile e na Argentina (Lindfield, 1997; Spiller e Savedoff, 2000) e sustentado, em parte, nas diretrizes principais do PL 4.147/2001. Spiller e Savedoff (2000) e Pereira *et al.* (2000) justificam o recurso a empreendedores privados na atual quantidade insuficiente de recursos disponíveis nos países em desenvolvimento. No Brasil, os recursos para o setor de saneamento provenientes do setor público são, basicamente, constituídos pela geração interna dos prestadores de serviços, pela disponibilidade de recursos do FGTS e, em menor volume, por aqueles provenientes do Orçamento Geral da União.

No entanto, a Resolução 2521/1998 do Conselho Monetário Nacional, tratando da contenção da dívida pública por meio da redefinição das regras e limites para o contingenciamento do crédito ao setor público, suspendeu as contratações de novas operações de financiamento, com recursos do FGTS, para empreendimentos de habitação, saneamento e infra-estrutura urbana. Assim, segundo Montenegro (1999), foi interrompido o processo, iniciado em 1995, de retomada da mais importante fonte de financiamento do setor saneamento, o FGTS, que poderia, pela existência de recursos, ser repassado às empresas estaduais e aos órgãos municipais de saneamento, desde que as restrições ao financiamento de novos empreendimentos fossem removidas. Com efeito, ainda que penalizado pelo fato de sua capacidade de investimento ser muito sensível à dinâmica econômica, o FGTS permanece viável como fonte de financiamento público a atividades de alto risco, longo prazo de maturação dos investimentos, alto retorno social e relativamente baixo retorno financeiro (Pinheiro, 1998), como podem ser, tipicamente, boa parte dos investimentos em saneamento.

Por outro lado, ressalta-se que, em termos de planejamento, nem sempre uma opção entre o setor público e o privado configura-se na melhor alternativa. A tendência mundial, para a prestação dos serviços de saneamento, consiste na construção de parcerias entre os diversos setores (público, privado e sociedade civil) com o objetivo de suprir o déficit por capacitação técnica e financeira e garantir responsabilidade social e política (Caplan e Jones, 2001). De fato, as vantagens oferecidas por cada setor devem ser distribuídas entre as várias funções existentes na operação de sistemas de abastecimento de água e de

esgotos sanitários, apresentadas na Figura 4.1. Como exemplo, deve-se conjugar a capacidade de financiamento e difusão tecnológica do setor privado ao papel de regulação e controle e à necessidade em coordenar as ações de saneamento com outras atividades, atribuições estas inerentes ao setor público.

O controle social, fundamental no caso dos serviços de saneamento, também deve ser considerado, de modo a assegurar que sejam ampliadas as possibilidades de acesso da população de baixa renda e garantidas a participação da população no processo e a melhoria da qualidade dos serviços prestados (Conforto, 2000). Com efeito, não há como fugir de uma variada tendência de atuação, pois a sociedade brasileira é heterogênea e o Brasil é um país muito grande para que os serviços de saneamento sejam centralizados, à espera de que o Estado tome a iniciativa de melhorá-los ou de ampliá-los, contrariando inclusive a tendência mundial (Caplan e Jones, 2001; Spiller e Savedoff, 2000). No caso de um modelo de planejamento, o quadro institucional não pode ser definido de forma geral, pois tem de considerar a especificidade de cada região.

4.3 - ASPECTOS ECONÔMICO-FINANCEIROS

Neste item, são abordadas questões sobre a outorga e cobrança do uso da água pelo setor de saneamento, a estrutura tarifária e os impactos nas atividades econômicas decorrentes dos investimentos em abastecimento de água e esgotos sanitários.

4.3.1 - Outorga e cobrança pelo uso da água

O setor de saneamento se afigura como um dos principais usuários dos recursos hídricos pois, apesar da hegemonia dos setores agrícola e de geração de energia elétrica na exploração dos recursos, as ações de saneamento têm papel fundamental para a garantia dos níveis de qualidade e quantidade dos mananciais. Além disso, apesar de a gestão dos recursos hídricos buscar manter uma neutralidade ante a disputa pelo uso dos recursos entre os diferentes setores usuários, o uso da água para o abastecimento público é prioritário, por determinação da Lei nº 9.433/1997.

Como usuário, o setor de saneamento está sujeito ao marco legal que rege os recursos hídricos, compreendendo os preceitos constitucionais, o Código de Águas, a Lei 6.938, que dispõe sobre a Política Nacional de Meio Ambiente e a Lei nº 9.433/97, que instituiu a Política Nacional e o Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos, além da legislação a esses subseqüente e correlata, como por exemplo a da criação da Agência Nacional de Águas (Lei nº 9.984/2000).

No que interessa ao setor de saneamento, de acordo com a Lei nº 9.433/97, estão sujeitos a outorga pelo Poder Público, entre outros, os seguintes usos dos recursos hídricos:

"derivação ou captação de parcela de água existente em qualquer corpo d'água ou aquífero subterrâneo para consumo final, inclusive abastecimento público; lançamento em corpo de água de esgotos, mesmo que tratados; e quaisquer outros usos da água que alterem o regime, a quantidade ou a qualidade da água existente na natureza". Ainda, de acordo com a Lei nº 9.433/97, estão sujeitos à cobrança pelo Poder Público todos os usos para os quais é exigida outorga de direito. Segundo Lanna (2000), a cobrança tem como objetivos: a) reconhecer a água como um bem econômico e dar ao usuário uma indicação de seu real valor; b) incentivar a racionalização do uso da água; e c) obter recursos financeiros para o financiamento dos programas e intervenções contemplados nos planos de recursos hídricos.

A necessidade de gestão da água como bem econômico vem do receio de que se a água continuar disponível a custo zero para os usuários, a tendência é de que continue a ser usada de forma indiscriminada e perdulária pela sociedade (Souza, 1995; Winpenny, 1994). Esse reconhecimento não implica ignorar sua importância social e ambiental, mas, pelo contrário, busca alocá-la de maneira mais eqüitativa aos diversos usos potenciais, inclusive no saneamento. Quando a água não é tratada como um bem econômico, torna-se difícil reconhecerem-se as inadequações da política de recursos hídricos, a fraqueza dos sistemas governamentais de regulação e a ineficiência de seu uso (Pereira Jr., 1999). Assim, a cobrança pelo uso da água, normalmente associado ao volume de água captado e à forma pela qual se processa o aproveitamento, transforma-a em fator de custo para o usuário, levando-o a racionalizar suas operações, o que deve refletir na atuação das empresas e autarquias prestadoras de serviços de saneamento.

Além da cobrança pela derivação da água, também está prevista a cobrança pela introdução de efluentes nos corpos receptores, tendo em vista sua diluição, transporte e assimilação dependendo da classe de enquadramento do corpo d'água em questão. Em princípio, dependendo do valor da cobrança pela poluição, determinam-se estímulos para que o usuário trate parcialmente seus efluentes (Cánepa *et al.*, 1999). Por outro lado, segundo Lanna (2000), a arrecadação também permite o financiamento de investimentos em intervenções que venham a mitigar o impacto dos lançamentos, o que remete, portanto, a possibilidade do uso desse instrumento visando ao alcance das metas de qualidade de água estabelecidas no enquadramento. Ainda, como estímulo ao controle da poluição e à implementação dos mecanismos de cobrança pelo uso da água, o Programa Despoluição de Bacias Hidrográficas - PRODES, no âmbito da Agência Nacional de Águas, vem aportando recursos, na forma de pagamento pelo esgoto tratado, para os prestadores de serviços de saneamento que investem na implantação de estações de tratamento de esgotos, objetivando reduzir os níveis críticos de poluição hídrica observados em determinada bacia hidrográfica (ANA, 2002).

Desse modo, no cenário resultante da implementação da Lei nº 9.433/97, o setor de saneamento deverá ser onerado tanto pelo pagamento da captação utilizada para o abastecimento de água, como no pagamento do lançamento dos esgotos sanitários gerados. Segundo Souza (1995), essa interface indica que a cobrança pelo uso da água, na função de instrumento de gestão dos recursos hídricos, pode, no futuro, até atuar como mecanismo de ordenamento territorial, na medida em que existe uma estreita ligação entre a qualidade e a quantidade disponível de água e o uso do solo. Entretanto, ressalta-se que a cobrança não é fonte de arrecadação para os prestadores do setor e que, no caso das empresas de saneamento, os recursos específicos devem ser provenientes da tarifa pelos serviços prestados, que se constitui na principal fonte de financiamento.

4.3.2 - Estrutura tarifária

No Brasil, a implementação do PLANASA alterou significativamente o conceito da viabilidade econômico-financeira no campo do saneamento, em que se buscava a geração de recursos internos por meio de uma fonte contínua de financiamento com base em níveis tarifários adequados. Com efeito, uma política de tarifas realista é condição necessária para o equilíbrio econômico e financeiro das empresas e a conseqüente possibilidade de manutenção e expansão dos investimentos, sem os quais não é possível realizar qualquer tipo de planejamento (Arretche, 1995). Na definição da estrutura tarifária, deve-se considerar tanto sua adequação às condições sócio-econômicas do mercado como alternativas que objetivem transferir encargos de setores menos privilegiados para os de maior capacidade.

A tarifa, em princípio, deve ser estabelecida e regulada, com base em parâmetros de qualidade e de eficiência, de modo a não só cobrir todos os custos, mas também com o objetivo de garantir o acesso de todos aos serviços, estimular a realização dos investimentos e induzir à redução do desperdício (Mendes, 1992; Pereira e Abicalil, 1999). Apesar de componente importante para o controle da demanda, Winpenny (1994) observa que, independente do padrão de desenvolvimento econômico, as tarifas costumam ser utilizadas mais como retorno para os investimentos do que visando à redução do consumo de água. No entanto, apesar desse propósito único, na ausência de um marco regulatório adequado, verifica-se que a manutenção de tarifas baixas, em níveis insuficientes para cobrir os custos operacionais ou permitir investimentos, propicia um equilíbrio com a má qualidade dos serviços, como observado por Spiller e Savedoff (2000) em vários países da América Latina. Esse circuito encontra-se representado na Figura 4.2.

De acordo com o contexto econômico, verifica-se que a solução tecnicamente mais eficiente para o equilíbrio entre a oferta e a demanda nem sempre corresponde ao investimento na ampliação em infra-estrutura, principalmente nos países em desenvolvimento, mas no emprego de estratégias alternativas para o controle da demanda.

Para a caracterização da demanda, é importante ressaltar a diferença entre demanda essencial e o uso da água como bem de consumo ou insumo de produção (Nucci, 1983). A satisfação da primeira demanda não pode ser impedida por restrições de poder aquisitivo da população, pois sua finalidade sanitária resulta em questão de saúde pública. Por outro lado, a satisfação de questões ligadas ao conforto, à comodidade e à produção pode ser regida pelas leis de mercado, com o preço por ele estabelecido (Nucci, 1983).

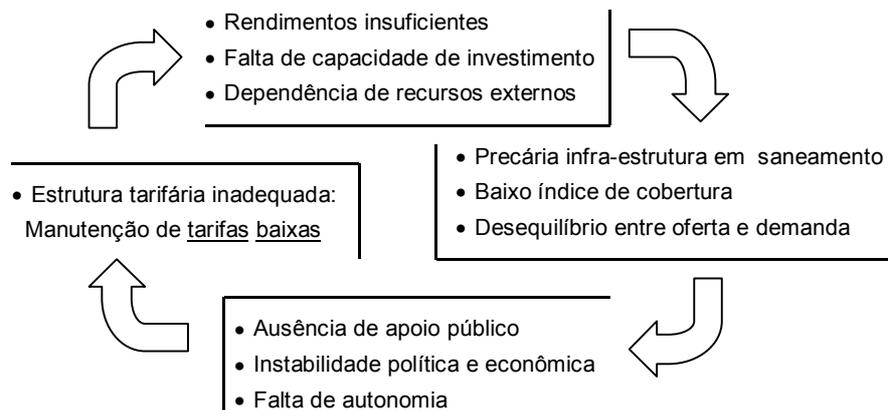


Figura 4.2 - Equilíbrio de baixo nível na prestação de serviços de saneamento.
Fonte: adaptado de Kraemer (2000) e Spiller e Savedoff (2000)

Para tanto, o conhecimento do efeito do preço sobre a demanda de água é de grande importância, pois pode constituir-se em eficiente instrumento para o planejamento, a partir da obtenção de melhores dimensionamentos e maior eficiência na alocação de recursos (Hanke, 1978; Nucci *et al.*, 1985). Por sua utilidade nos estudos de otimização econômica de sistemas de abastecimento de água, a elasticidade de preço da demanda é um conceito bastante utilizado, pois sua determinação permite prever o efeito do preço cobrado pelo serviço na quantidade a ser efetivamente demandada (Nucci, 1983). No caso do uso exclusivo para o consumo humano, por exemplo, a demanda é inelástica em relação ao preço, pois refere-se à quantidade de água necessária para que as necessidades básicas de saúde e higiene sejam satisfeitas (a demanda essencial). Por outro lado, as reduções no consumo devido ao aumento de preço, o que caracteriza maior elasticidade da demanda, são típicos do uso da água como bem de consumo ou de produção, em que se objetiva, além das necessidades básicas, ganhos de conforto e comodidade ou ganhos de produção (Hanke, 1978; Winpenny, 1994). Esses conceitos ilustram a possibilidade, a depender do valor da cobrança, de controlar-se a demanda por meio da tarifa (Nucci, 1983).

As tarifas, em geral, podem ter base constante, na qual o preço unitário a ser pago pelo produto é fixo, ou base variável onde as tarifas podem ser regressivas ou progressivas com o consumo. No caso das tarifas regressivas, ocorre uma redução gradual do valor cobrado pela quantidade de água consumida, à medida em que se eleva o consumo. Esse tipo de cobrança tem por base a lógica da economia de escala e é aplicada quando se tem

relativa facilidade de ampliação da infra-estrutura disponível. Por outro lado, as tarifas progressivas são utilizadas visando à redução da demanda, em que os valores unitários são crescentes para cada aumento da faixa de consumo. Essa estratégia, cuja aplicação deve estar associada à implementação de programas de micromedição, vem sendo apontada como alternativa para a viabilidade financeira de sistemas de saneamento (Zérah, 1998; Hoehn e Krieger, 2000), tendo larga aplicação no Brasil.

A Figura 4.3 apresenta um exemplo da utilização das tarifas progressivas para as cidades que foram investigadas nos estudos de caso (Capítulo 6). Além da tentativa de equilíbrio financeiro da empresa prestadora de serviços e da garantia de recursos para investimentos, esse tipo de estrutura tarifária objetiva assegurar amplo subsídio aos consumidores residenciais de baixa renda e reduzir, a partir da diminuição da subvenção governamental, o subsídio dos consumidores residenciais com padrão elevado de consumo.

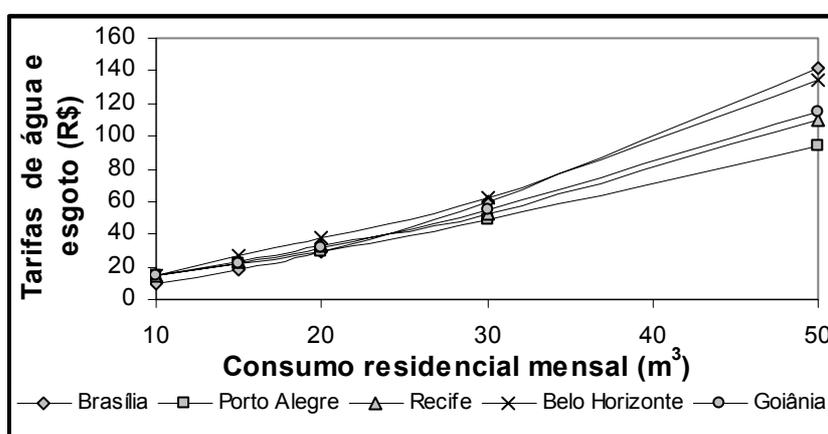


Figura 4.3 - Estrutura tarifária em cinco cidades brasileiras: Brasília (CAESB), Belo Horizonte (COPASA), Goiânia (SANEAGO), Porto Alegre (DMAE) e Recife (COMPESA) - dados de dezembro de 2001

A estrutura tarifária pode ser utilizada também como instrumento de eficiência econômica, ao se aplicar a teoria de custo marginal de longo prazo como critério para se definir o valor de cobrança (Souza, 1995; Winpenny, 1994). Nesse caso, o critério tem como base os investimentos feitos em infra-estrutura, as despesas de operação e manutenção e o custo de oportunidade de capital, com uma perspectiva de longo prazo proveniente de mudanças na demanda, o que exige clareza sobre o mercado a ser atingido (Hanke, 1978; Souza, 1995). O consumo de água é otimizado, sob o ponto de vista econômico, quando o custo marginal da provisão (custo da unidade adicional) se iguala ao somatório dos benefícios marginais dos usuários (Nucci, 1983; Winpenny, 1994), representando o máximo benefício líquido. Assim, a diretriz para a fixação dos preços condiciona a demanda ao valor que otimiza o resultado econômico do abastecimento ao aproximar, em cada faixa de consumo, o preço da água ao custo marginal correspondente (Nucci, 1983).

No Brasil, apesar de alguns esforços para a implantação de uma estrutura tarifária mais realista, verifica-se que os investimentos em sistemas de abastecimento de água e de esgotos sanitários ainda são dependentes de recursos externos. De acordo com os dados do Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento (SNIS, 2001), os investimentos das companhias estaduais de saneamento são financiados à razão de 42,7% de recursos de terceiros (recursos onerosos provenientes de empréstimos) e 57,3% de recursos próprios, aproximadamente. Esse perfil dos investimentos associado à dificuldade em se estabelecer uma estrutura tarifária adequada já foi apresentado na Figura 4.2, e reflete, em parte, a influência da conjuntura política e do contexto econômico na prestação dos serviços de saneamento. Em contrapartida, as condições e os índices de cobertura por sistemas de abastecimento de água e de esgotos sanitários também refletem nos custos de outros serviços públicos (tais como saúde, educação e previdência social) e em vários segmentos da atividade econômica.

4.3.3 - Impacto nas atividades econômicas

Segundo Pereira Jr. (1999), existe uma estreita correlação entre o índice de cobertura por sistemas de abastecimento de água e de esgotos sanitários e o desempenho da economia de um modo geral. De fato, os investimentos nesses sistemas proporcionam benefícios gerais sobre a saúde da população segundo duas vias (Cvjetanovic, 1986): mediante efeito direto, onde os benefícios à saúde resultam em aumento da capacidade de trabalho e de aprendizagem e mediante efeitos indiretos, resultantes primordialmente do aumento da produtividade e do desenvolvimento econômico da localidade atendida.

Pereira e Abicalil (1999), em análise do comportamento histórico dos investimentos realizados em saneamento, verificaram que o setor sempre esteve vinculado ao desenvolvimento da economia. Com efeito, a correlação entre os índices de atendimento por sistemas de abastecimento de água e de esgotos sanitários com a economia pode ser facilmente verificada quando se comparam os índices de cobertura com indicadores econômicos e sociais, como o "índice de desenvolvimento humano" - IDH. As regiões brasileiras com melhores IDH são, historicamente, as mais bem servidas por sistemas de abastecimento de água e de esgotos sanitários, conforme apresentado na Figura 4.4.

Os dados da Figura 4.4 são referentes aos anos de 1970, 1980, 1991 e 1996, obtidos a partir de levantamentos do IBGE e de relatório do Programa das Nações Unidas para o Desenvolvimento - PNUD, para as regiões Norte, Nordeste, Centro-Oeste, Sul e Sudeste do Brasil (PNUD, 1997). O IDH, criado no início da década de 1990, combina três componentes básicos do desenvolvimento humano: a) a **longevidade**, medida pela esperança de vida ao nascer, que também reflete, entre outras coisas, as condições de saúde da população; b) a **educação**, medida por uma combinação da taxa de alfabetização de adultos com a taxa

combinada de matrícula nos níveis de ensino fundamental, médio e superior; e c) a **renda**, medida pelo poder de compra da população calculado com base no PIB *per capita* e ajustado ao custo de vida local por metodologia conhecida como paridade do poder de compra (PPC).

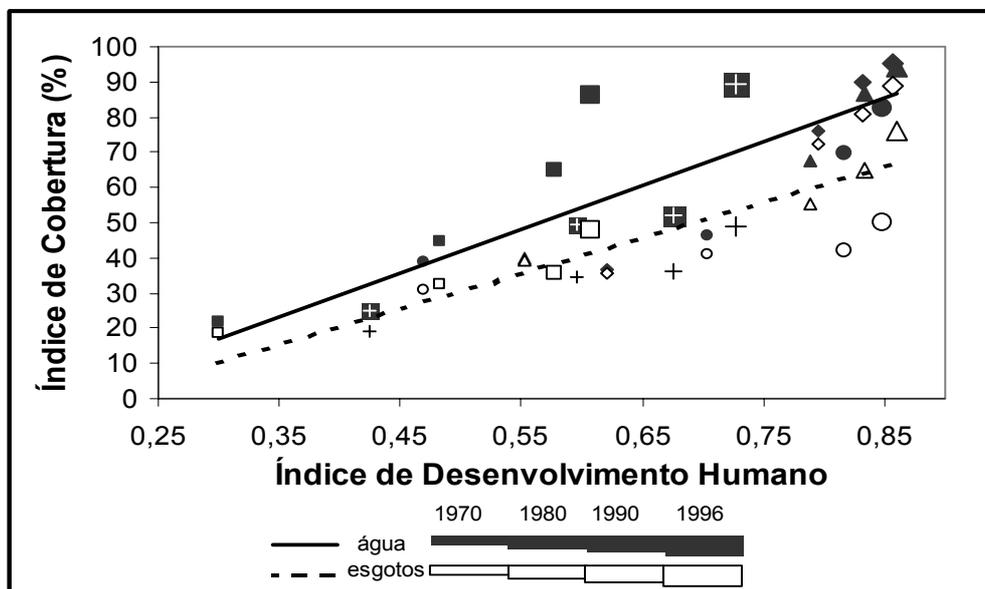


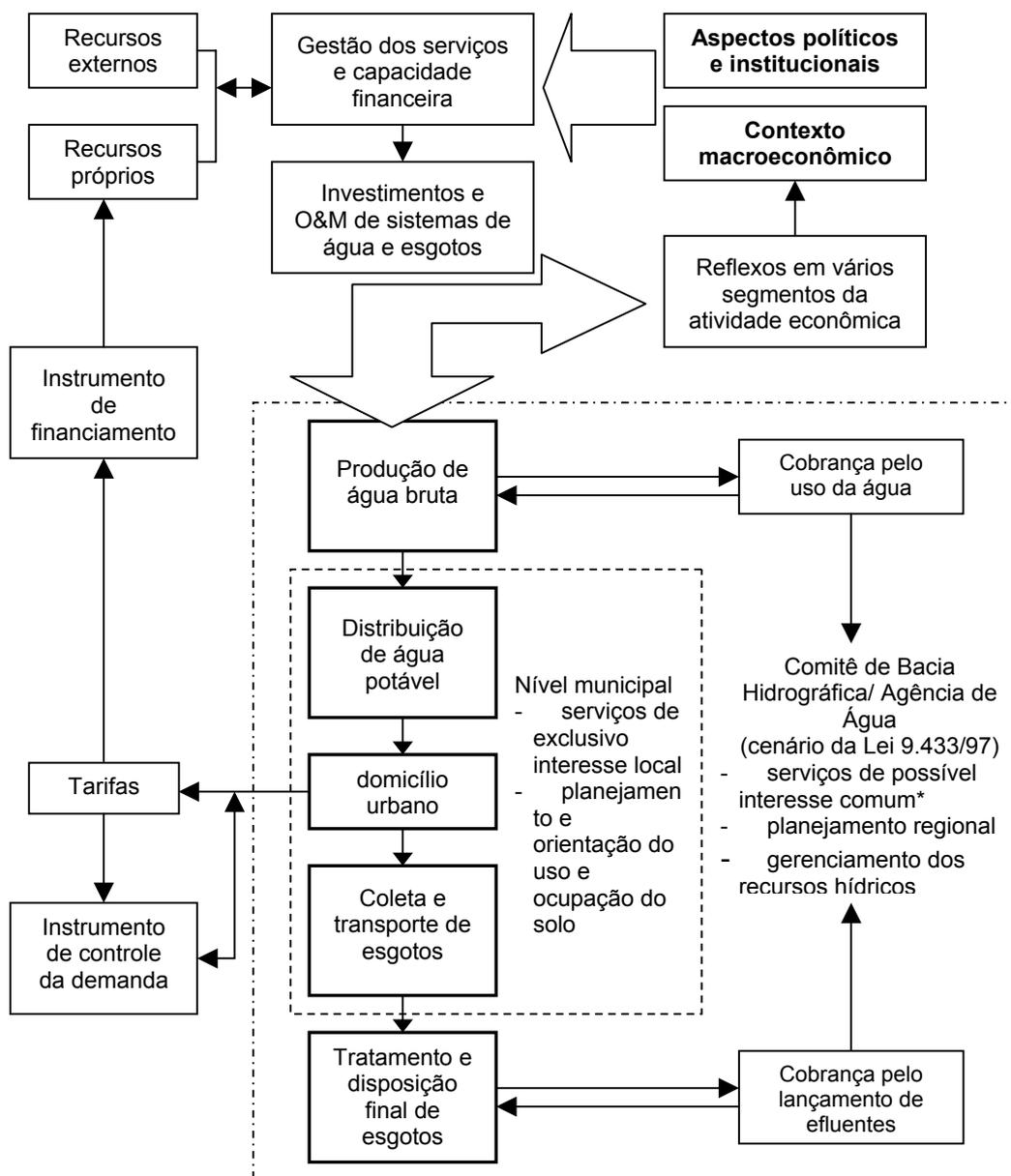
Figura 4.4 Relação entre o IDH e o índice de cobertura por sistemas de água e esgotos em domicílios urbanos nas regiões do Brasil para os anos de 1970, 1980, 1991 e 1996. Região Nordeste ■, Norte +, Centro-Oeste ●, Sudeste ◆ e Sul ▲.

Como o IDH foi calculado utilizando-se uma metodologia que torna possível a sua comparação histórica, pode-se fazer algumas observações a partir da análise dos dados da Figura 4.4:

- a correlação encontrada indica que quanto maior o IDH, maior o índice de cobertura por sistemas de abastecimento de água e de esgotos sanitários (incluindo fossa séptica e sem considerar o tratamento dos esgotos). Essa relação não é exclusiva de causa e efeito pois, tanto o IDH é representativo da cobertura por saneamento, como as condições de saneamento influenciam os parâmetros utilizados no cálculo do IDH;
- a evolução histórica, em termos de saneamento, ocorrida nas regiões Norte, Nordeste, Centro-Oeste, Sul e Sudeste encontra-se bem caracterizada e é representativa do perfil brasileiro, como pode ser verificado, por exemplo, a partir do crescimento do IDH nacional: 1970 - 0,494, 1980 - 0,734; 1991 - 0,787; 1996 - 0,830. O grande salto do IDH, entre 1970 e 1980, coincide com os grandes investimentos durante o PLANASA;
- a diferença ocorrida entre os investimentos em sistemas de abastecimento de água e de esgotos sanitários pode ser evidenciada, pois, com o mesmo IDH, tem-se um maior índice de cobertura por abastecimento de água do que por coleta de esgotos sanitários, o que reflete a situação histórica e atual verificada no Brasil.

4.4 - CONSIDERAÇÕES FINAIS SOBRE OS ASPECTOS POLÍTICO-INSTITUCIONAIS E ECONÔMICO-FINANCEIROS

A identificação de elementos para a formulação de um modelo de planejamento em saneamento implica, necessariamente, na análise dos aspectos político-institucionais, econômico-financeiros que norteiam as ações do setor. A Figura 4.5 procura sistematizar alguns desses aspectos, com ênfase no fluxo de recursos financeiros e no âmbito da competência para a prestação dos serviços de abastecimento de água e de esgotos sanitários.



* No caso de atenderem a um só município, os sistemas de produção de água e de tratamento de esgotos podem ser caracterizados como de interesse local

Figura 4.5 - Aspectos político-institucionais e econômico-financeiros relacionados aos sistemas de abastecimento de água e de esgotos sanitários

Com base na sistematização apresentada na Figura 4.5 e a partir da análise empreendida nos itens anteriores, observa-se que:

- o desenvolvimento do setor de saneamento foi, historicamente, marcado pelo contexto político e pelo desempenho da economia, refletindo em sua capacidade de investimento. A implantação de um modelo com as características do PLANASA, por exemplo, só foi possível em virtude das condições políticas e institucionais vigentes no país. Por outro lado, a escassez de investimentos, a partir da década de 1980, indica a importância do contexto macroeconômico, sendo fatores decisivos, a desaceleração do crescimento econômico no início dessa década e o aprofundamento da crise fiscal;
- a ampliação do papel dos estados e municípios ou o aumento da participação do setor privado, exigem flexibilidade dos arranjos institucionais, de modo a possibilitar uma diversidade de soluções, dependentes das decisões tomadas em nível local, e compatíveis com a heterogeneidade de problemas e recursos existentes no Brasil. Segundo Pereira Jr. e Araújo (2001), essa flexibilização institucional já existe, sendo necessário muito mais um esforço de planejamento do marco regulatório do que de profundas mudanças institucionais;
- a distribuição de água potável e a coleta de esgotos sanitários são serviços de exclusivo interesse local, enquanto que a produção de água e o tratamento de esgotos podem ser caracterizados como serviços de interesse local, quando atenderem a um só município, ou de interesse comum;
- a estrutura tarifária costuma ser concebida apenas como retorno para os investimentos ao invés de visar à redução do consumo de água e ao controle da demanda. Entretanto, ao ser apoiada na manutenção de tarifas baixas, induz a um equilíbrio de baixo nível, caracterizado por rendimentos insuficientes, pela falta de capacidade de investimento e pela dependência de recursos externos, o que compromete sua aplicação como principal instrumento de financiamento do setor;
- os investimentos em saneamento repercutem em várias atividades, mediante o aumento da produtividade da população e do desenvolvimento econômico da localidade atendida. O setor de saneamento possui, também, interface com os recursos hídricos, pois o cenário de implementação da Lei n° 9.433/97 deverá onerar o setor, tanto pelo pagamento da água utilizada para o abastecimento público, como no pagamento devido ao lançamento dos esgotos gerados;
- a consideração adequada dos **aspectos político-institucionais** e **econômico-financeiros** são requisitos fundamentais para o desenvolvimento do setor, devido ao seu caráter de forte condicionante para o planejamento das ações e garantia da universalização dos serviços.

5. RELAÇÕES ENTRE SANEAMENTO, SAÚDE PÚBLICA E MEIO AMBIENTE⁴

A avaliação ambiental dos efeitos dos sistemas de abastecimento de água e de esgotos sanitários nas cidades consolidou-se como uma etapa importante no processo de planejamento, no que se refere à formulação e seleção de alternativas e à elaboração e detalhamento dos projetos selecionados. Com efeito, a avaliação da viabilidade ambiental assumiu caráter de forte condicionante das alternativas a serem analisadas, ocorrendo, muitas vezes, a predominância dos critérios ambientais em relação, por exemplo, aos critérios econômicos (Pimentel e Cordeiro Netto, 1998). Por outro lado, verifica-se a ausência de instrumentos de planejamento relacionados à saúde pública, constituindo, no Brasil, importante lacuna em programas governamentais no setor de saneamento (Heller, 1997; Freitas *et al.*, 1991).

A compreensão dessas diversas relações revela-se um pressuposto fundamental para o planejamento dos sistemas de saneamento em centros urbanos, de modo a privilegiar os impactos positivos sobre a saúde pública (objeto primordial das ações) e sobre o meio ambiente. Desse modo, quando se aborda a implementação de sistemas de abastecimento de água e de esgotos sanitários, e os benefícios à saúde pública e ao meio ambiente, deve-se esclarecer algumas questões: os benefícios à saúde e ao meio ambiente são obtidos com o mesmo tipo de intervenção? Quais os efeitos negativos quando da implementação desses sistemas? Como são integradas as duas dimensões de análise, a ambiental e a sanitária? O fortalecimento da consciência ambiental, com a mudança de paradigmas, retirou o foco de interesse na área de saúde pública?

Apesar dessas questões já estarem conceitualmente resolvidas para os especialistas da área de saneamento, meio ambiente e saúde, a formulação e a clareza dessas respostas são fundamentais. Assim, com o propósito de proceder a uma avaliação dos efeitos das ações de saneamento, este capítulo objetiva, primeiramente, traçar um breve panorama histórico de como as questões de saúde e meio ambiente foram incorporadas pelo setor de saneamento. Em seguida, faz-se uma análise dos marcos conceituais da relação saúde e saneamento e uma sistematização, com base em levantamento bibliográfico, dos diversos efeitos, no meio ambiente e na saúde pública, da implementação de sistemas de abastecimento de água e de esgotos sanitários em áreas urbanas.

5.1 - EVOLUÇÃO HISTÓRICA DOS ASPECTOS DE SAÚDE PÚBLICA E MEIO AMBIENTE RELACIONADOS AO SETOR DE SANEAMENTO NO BRASIL

A Tabela 5.1 apresenta um panorama histórico dos aspectos de saúde pública e meio ambiente que nortearam o setor de saneamento, desde meados do século XIX até o

⁴ Uma versão deste capítulo foi aceita para publicação na revista *Cadernos de Saúde Pública*.

início do século XXI. Pode-se observar que a própria evolução do conceito de saúde pública e sua interface com o saneamento, o fortalecimento da questão ambiental e os aspectos referentes à legislação de controle de qualidade da água, seja ela para o abastecimento público ou para o controle da poluição, são condutores das ações de saneamento. Como observado por Branco (1991), a história brasileira é toda pontuada por aspectos institucionais e de regulação sobre a qualidade das águas, que se modificaram na medida em que os conceitos de saúde e meio ambiente foram sendo incorporados.

Na Tabela 5.1, percebe-se que o enfoque eminentemente sanitário, em que o saneamento é uma ação de saúde pública, prevaleceu durante vários anos, mesmo não havendo um consenso científico quanto aos benefícios advindos da implementação dos sistemas de água e esgotos (Cairncross, 1989; Heller, 1997). A avaliação ambiental, incorporada recentemente, inclui novas questões quando da implementação dos sistemas de saneamento, tanto com relação aos seus efeitos positivos como negativos. Com efeito, embora saúde e higiene tenham sido motivo de preocupações em políticas urbanas na América Latina desde meados do século XIX, somente nas últimas décadas os sistemas de abastecimento de água e de esgotos sanitários passaram a ser considerados como tema ambiental.

No Brasil, a partir do crescimento da consciência ambiental e dos avanços incorporados na área de saneamento e controle da poluição nas últimas décadas, evidenciou-se a necessidade de se proceder à revisão técnica da legislação, em face dos padrões de qualidade da água que se queria estabelecer e da necessidade de avaliação de impactos ambientais. Deve-se ressaltar, no entanto, que essa mudança de enfoque acarretou, de certo modo, em uma mudança de objetivos, uma vez que os objetivos ambientais e de saúde não são exatamente os mesmos. Isso fica evidenciado, por exemplo, quando se examinam os padrões de qualidade da água relacionados aos aspectos de proteção do corpo receptor e ao aspecto de potabilidade, diretamente associado à qualidade da água fornecida ao consumidor (Lijklema, 1995; Nascimento e von Sperling, 1998), que são os casos da Resolução 20/86 do CONAMA, que, entre outros objetivos, busca a proteção das águas dos mananciais, e da Portaria nº 36/90 do Ministério da Saúde, que estabelece normas e padrões para a qualidade da água de consumo humano.

A Portaria nº 36/90 deve continuar em vigor somente durante o período de transição para a vigência da nova portaria do Ministério da Saúde (Portaria nº 1.469/2000), que revisou os padrões de potabilidade e os procedimentos relativos ao controle e à vigilância da qualidade da água para o consumo humano. Segundo Bastos *et al.* (2001), essa portaria pretendeu incorporar ao máximo as informações recentes sobre os riscos associados, por exemplo, à *Giardia lamblia*, *Cryptosporidium sp.* e cianobactérias; os mecanismos de remoção de patógenos por meio do tratamento de água; o emprego de indicadores e as

evidências toxicológicas de agravos à saúde decorrentes da ingestão de substâncias químicas.

Tabela 5.1 - Evolução histórica dos aspectos de saúde pública e meio ambiente no setor de saneamento no Brasil

Período	Principais características
meados do século XIX até início do século XX	<ul style="list-style-type: none"> ✓ estruturação das ações de saneamento sob o paradigma do higienismo, isto é, como uma ação de saúde, contribuindo para a redução da morbi-mortalidade por doenças infecciosas, parasitárias e até mesmo não infecciosas ✓ organização dos sistemas de saneamento como resposta a situações epidêmicas, mesmo antes da identificação dos agentes causadores das doenças
início do século XX até a década de 1930	<ul style="list-style-type: none"> ✓ intensa agitação política em torno da questão sanitária, com a saúde ocupando lugar central na agenda pública: saúde pública em bases científicas modernas a partir das pesquisas de Oswaldo Cruz ✓ incremento do número de cidades com abastecimento de água e da mudança na orientação do uso da tecnologia em sistemas de esgotos, com a opção pelo sistema separador absoluto, em um processo marcado pelo trabalho de Saturnino de Brito, que defendia planos estreitamente relacionados com as exigências sanitárias (visão higienista)
décadas de 1930 e 1940	<ul style="list-style-type: none"> ✓ elaboração do Código das Águas (1934), que representou o primeiro instrumento de controle do uso de recursos hídricos no Brasil, estabelecendo o abastecimento público como prioritário ✓ coordenação das ações de saneamento (sem prioridade) e assistência médica (predominante) essencialmente pelo setor de saúde
décadas de 1950 e 1960	<ul style="list-style-type: none"> ✓ destaque para as ações de saneamento executadas pelo SESP ✓ surgimento de iniciativas para estabelecer as primeiras classificações e os primeiros parâmetros físicos, químicos e bacteriológicos definidores da qualidade das águas, por meio de legislações estaduais e em âmbito federal
década de 1970	<ul style="list-style-type: none"> ✓ predomínio da visão de que avanços nas áreas de abastecimento de água e de esgotamento sanitário nos países em desenvolvimento resultariam na redução das taxas de mortalidade, embora ausentes dos programas de atenção primária à saúde ✓ consolidação do Plano Nacional de Saneamento (PLANASA), com ênfase no incremento dos índices de atendimento por sistemas de abastecimento de água ✓ inserção da preocupação ambiental na agenda política brasileira, com a consolidação dos conceitos de ecologia e meio ambiente e a criação da Secretaria Especial de Meio Ambiente (SEMA) em 1973
década de 1980	<ul style="list-style-type: none"> ✓ formulação mais rigorosa dos mecanismos responsáveis pelo comprometimento das condições de saúde da população, na ausência de condições adequadas de saneamento ✓ instauração de uma série de instrumentos legais de âmbito nacional definidores de políticas e ações do governo brasileiro, como a Política Nacional do Meio Ambiente (1981) ✓ revisão técnica das legislações pertinentes aos padrões de qualidade das águas e elaboração de legislações associadas às avaliações de impacto ambiental
década de 1990 até o início do século XXI	<ul style="list-style-type: none"> ✓ ênfase no conceito de desenvolvimento sustentável e de preservação e conservação do meio ambiente e particularmente dos recursos hídricos, refletindo diretamente no planejamento das ações de saneamento ✓ instituição da Política e do Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos (Lei 9.433/97) ✓ incremento da avaliação dos efeitos e conseqüências de atividades de saneamento que importem impacto ao meio ambiente

Fontes: Branco (1991), Cairncross (1989), Costa (1994) e Heller (1997)

Ao contrário dos padrões de potabilidade, que versam quase que exclusivamente sobre aspectos relacionados com a saúde humana, com pouca relação com o meio ambiente, os padrões de qualidade ambiental possuem um outro enfoque, pois levam em conta, essencialmente, alterações do teor de oxigênio, de matéria orgânica, de nutrientes, do pH, da temperatura, etc., nos cursos d'água. Os parâmetros citados não acarretam, na maior parte das vezes, prejuízos diretos ao homem, pois as doenças infecciosas, provenientes da poluição hídrica, são, normalmente, o resultado de uma ação mais direta de contágio de uma pessoa para outra.

5.2 - MARCOS CONCEITUAIS DA RELAÇÃO SANEAMENTO E SAÚDE PÚBLICA

Do estrito ponto de vista da engenharia, o que se avalia em um organismo patogênico não é a sua natureza biológica, nem o seu comportamento no corpo do doente, e sim o seu comportamento no meio ambiente, pois é nessa dimensão que as intervenções de saneamento podem influenciar na ação desse patogênico sobre o homem (Cairncross, 1984). Dessa forma, para uma melhor compreensão do problema, dois tipos de estudos se mostram pertinentes (Heller, 1997): a) o primeiro diz respeito aos modelos que têm sido propostos para explicar a relação entre ações de saneamento e a saúde, com ênfase em distintos ângulos da cadeia causal; b) o segundo tipo de análise consiste em classificar as doenças segundo categorias ambientais cuja transmissão está ligada ao saneamento, ou à falta de infra-estrutura adequada. Assim, a partir dessas classificações, o entendimento da transmissão das doenças relacionadas com o saneamento passa a constituir um instrumento de planejamento das ações, com vistas a considerar de forma mais adequada seus impactos sobre a saúde do homem.

Estudando as várias vias de contaminação de doenças, como no caso das diarreias e da incidência de cólera, Briscoe (1984, 1987) desenvolveu um modelo para a compreensão do efeito obtido após a eliminação de apenas parte das múltiplas vias de transmissão de uma determinada doença. O modelo infere que a obstrução de uma importante via de transmissão pode redundar em uma redução muito inferior à originalmente esperada quanto à probabilidade de infecção. Verifica-se, pelos estudos, que a implementação de sistemas de abastecimento de água e de esgotos sanitários é condição necessária, mas não suficiente para se garantir a eliminação dessas doenças. Briscoe (1987) afirma, ainda, que esses sistemas apresentam efeitos de longo prazo sobre a saúde bem maiores do que os efeitos provenientes de intervenções médicas, o que o leva a sugerir um efeito multiplicador da ação dos sistemas de água e esgotos. Esse efeito, se devidamente confirmado, é um importante aspecto a ser levado em consideração quando do planejamento de sistemas de saneamento, pois indica uma intervenção potencial de longo prazo.

Com um outro enfoque, o estudo de Cvjetanovic (1986) parte para uma visão mais abrangente sobre a questão da saúde, agregando fatores sociais e econômicos. Esquemáticamente, a Figura 5.1 ilustra o modelo proposto pelo autor, no qual se prevê que sistemas de abastecimento de água e de esgotos sanitários proporcionam benefícios gerais sobre a saúde da população segundo duas vias: mediante efeitos diretos e mediante efeitos indiretos, resultantes, primordialmente, do nível de desenvolvimento da localidade atendida. Segundo Heller (1997), embora tenha pleiteado uma explicação causal mais sistêmica, o modelo de Cvjetanovic (1986) não considera o papel dos determinantes sociais.

Essa tentativa é feita, por exemplo, pela teoria do limiar e saturação, desenvolvida por Shuval *et al.* (1981), que procuraram explicar a influência do nível sócio-econômico da população sobre a relação entre as condições de saneamento e saúde. Supõe-se que exista um limiar sócio-econômico e de saúde abaixo do qual os investimentos em saneamento não resultam em benefícios concretos e um limite superior, de saturação, acima do qual um próximo investimento não produz novos benefícios sobre a saúde. Segundo Briscoe (1987) e Heller (1997), a alegação do limiar pode ser contestada por estudos epidemiológicos realizados em diversos países pobres, especialmente africanos e asiáticos, que demonstraram importantes impactos sobre indicadores diversos de saúde a partir de intervenções em saneamento. Entretanto, nessas situações, não se pode desconsiderar os efeitos provenientes da educação sanitária e ambiental, de noções de higiene e do aspecto cultural (Gomes, 1995).

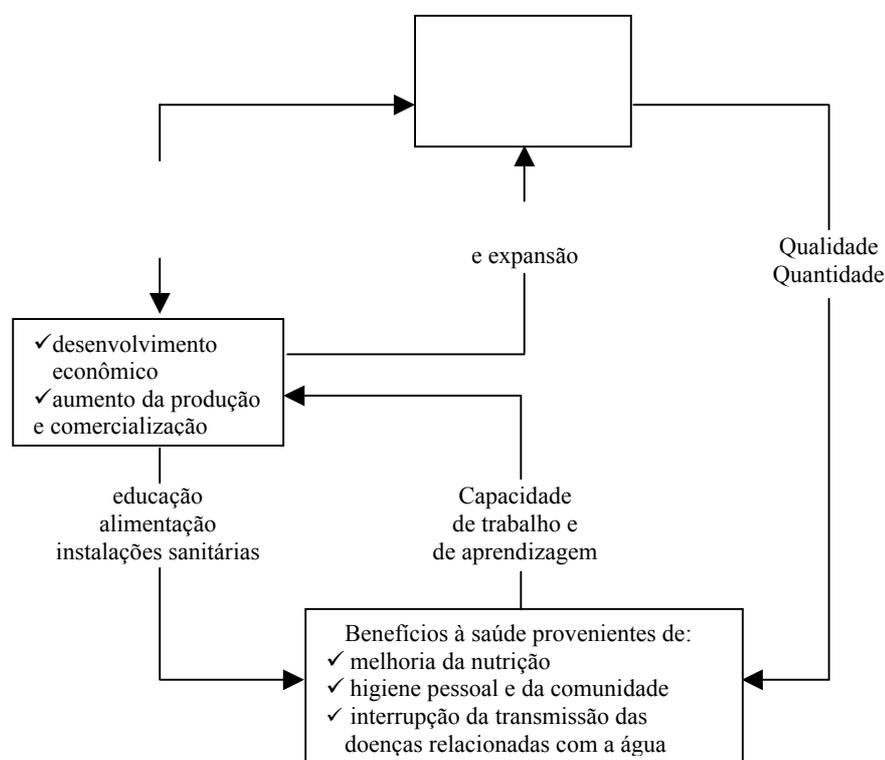


Figura 5.1 - Esquema conceitual dos efeitos dos sistemas de abastecimento de água e de esgotos sanitários sobre a saúde. Fonte: Cvjetanovic (1986)

A partir da década de 1970, foram iniciados esforços no sentido de estudar as doenças infecciosas, sob o enfoque das estratégias mais adequadas para o seu controle, e sua relação com o meio ambiente (Heller, 1997). Ao longo dos anos, vários estudos foram desenvolvidos (White *et al.*, 1972; Feachem *et al.*, 1983; Cairncross, 1984; Cairncross e Feachem, 1990; Mara e Alabaster, 1995), de modo a classificar ambientalmente as doenças, com base em suas vias de transmissão e seu ciclo. Esse tipo de classificação tem maior aplicabilidade para o engenheiro, ao contrário da classificação biológica clássica, que agrupa as doenças segundo o agente: vírus, bactérias, protozoários ou helmintos. Em revisão dos estudos anteriores, Mara e Feachem (1999) propõem uma classificação ambiental unitária das infecções relacionadas com a água e com os excretas, agrupadas em sete categorias, como indicado na Tabela 5.2.

Tabela 5.2 - Classificação ambiental unitária das infecções relacionadas com o saneamento (água e excretas)

Categoria	Estratégias de controle e exemplos (organismo ou doença)
A. Doenças do tipo feco-oral (transmissão hídrica ou relacionada com a higiene)	<ul style="list-style-type: none"> ✓ melhora da quantidade, disponibilidade e confiabilidade da água (abastecimento de água), no caso das doenças relacionadas com a higiene; ✓ melhora da qualidade da água (tratamento de água), para as doenças de transmissão hídrica; ✓ educação sanitária. Ex.: Hepatite A, E e F, Poliomielite, Cólera, Disenteria bacilar, Amebíase, Diarréia por <i>E. coli</i> e rotavírus, Febre tifóide, Giardíase e Ascaridíase
B. Doenças do tipo não feco-oral (relacionadas com a higiene)	<ul style="list-style-type: none"> ✓ melhora da quantidade, disponibilidade e confiabilidade da água (abastecimento de água); ✓ educação sanitária. Ex.: doenças infecciosas da pele e dos olhos e febre transmitida por pulgas
C. Helmintíases do solo	<ul style="list-style-type: none"> ✓ tratamento dos excretas ou esgotos antes da aplicação no solo; ✓ educação sanitária. Ex.: Ascaridíase e Ancilostomose
D. Teníases	<ul style="list-style-type: none"> ✓ como na categoria C, mais cozimento e inspeção da carne Ex.: Teníases
E. Doenças baseadas na água	<ul style="list-style-type: none"> ✓ diminuição do contato com águas contaminadas; ✓ melhora de instalações hidráulicas; ✓ sistemas de coleta de esgotos e tratamento dos esgotos antes do lançamento ou reúso; ✓ educação sanitária. Ex.: Leptospirose e Esquistossomose
F. Doenças transmitidas por inseto vetor	<ul style="list-style-type: none"> ✓ identificação e eliminação dos locais adequados para procriação; ✓ controle biológico e utilização de mosquiteiros ✓ melhora da drenagem de águas pluviais Ex.: Malária, Dengue, Febre amarela, Filariose e infecções transmitidas por baratas e moscas relacionadas com excretas*
G. Doenças relacionadas com vetores roedores	<ul style="list-style-type: none"> ✓ controle de roedores ✓ educação sanitária ✓ diminuição do contato com águas contaminadas Ex.: Leptospirose e doenças transmitidas por vetores roedores*

* Infecções excretadas compreendem todas as doenças nas Categorias A, C e D e as doenças por helmintos na Categoria E

Fonte: adaptado de Mara e Feachem (1999)

Segundo Mara e Feachem (1999), a classificação unitária apresentada na Tabela 5.2 é um avanço em relação às classificações individuais existentes, que separam as doenças relacionadas com a água das doenças relacionadas com os excretas. Isso se deve ao fato de a maioria das doenças estarem relacionadas com ambos os elementos, de forma que a implementação integrada e a correta manutenção e operação de sistemas de abastecimento de água e de esgotos sanitários constituem a melhor forma de controle dessas doenças em um longo prazo.

A partir dos modelos conceituais e da classificação ambiental das doenças que podem estar relacionadas, de alguma forma, com o saneamento, pode-se antecipar os efeitos das intervenções de saneamento na saúde pública e ainda inferir sobre as possíveis relações com o meio ambiente. Assim, ao indicar as medidas que estão relacionadas e quais as ações independentes, pode-se direcionar a forma mais eficaz de implementação dos sistemas de abastecimento de água e de esgotos sanitários, com vistas à melhoria tanto da saúde pública, quanto do meio ambiente. Para tanto, é necessário identificar os efeitos, positivos e negativos, quando da implementação desses sistemas de saneamento.

5.3 - EFEITOS DAS INTERVENÇÕES DE SANEAMENTO

A eficiência das intervenções de saneamento em reduzir as doenças relacionadas com a água e os esgotos sanitários encontra-se bem reportada em várias pesquisas (White *et al.*, 1972; Martins *et al.*, 2001). De forma análoga, os benefícios ao meio ambiente, em especial à proteção dos recursos hídricos, também são conhecidos (Pimentel e Cordeiro Netto, 1998). O objetivo dos itens a seguir é o de sistematizar esses efeitos positivos e, também, tecer considerações sobre os eventuais efeitos negativos por vezes negligenciados.

5.3.1 - Sistema de abastecimento de água

Os efeitos prováveis decorrentes de um sistema de abastecimento de água são geralmente positivos, por constituir um serviço que assegura melhoria e bem-estar da população (Cairncross, 1989; VanDerslice e Briscoe, 1995). O benefício oferecido pelo tratamento de água, por exemplo, é indiscutível, pois transforma, após a remoção de contaminantes, água inadequada para o consumo humano em um produto que esteja em acordo com padrões de potabilidade. No entanto, o tratamento implica na utilização de substâncias químicas que podem afetar a saúde daqueles que a utilizam.

Segundo Daniel *et al.* (1990), os riscos relacionados ao processo de cloração, substância química mais empregada no processo de tratamento da água, estão associados muito mais aos seus subprodutos (p.e. trihalometanos) do que aos agentes utilizados. Em revisão elaborada por Tominaga e Midio (1999), observou-se, a partir de dados epidemiológicos, que os subprodutos da cloração podem aumentar a incidência de certos

tipos de câncer na população humana. Processos alternativos de desinfecção da água, que evitam a formação dos trihalometanos, são aqueles que não utilizam cloro livre (tais como ozonização e radiação ultravioleta), entretanto, estes também podem levar à formação de outros subprodutos, conforme o teor de matéria orgânica presente na água, sendo que seus efeitos na saúde humana ainda não foram completamente avaliados.

Além dos riscos à saúde, o processo de tratamento de água convencional também pode causar danos ambientais. No Brasil, de acordo com Cordeiro (2000), a água de lavagem dos filtros e dos tanques de preparação de soluções e suspensões de produtos químicos e o lodo dos decantadores tradicionais são resíduos do processo de tratamento, que são dispostos, com grande frequência, nos mananciais próximos as estações de tratamento de água (ETAs). Como a toxicidade potencial desses resíduos depende de inúmeros fatores, tais como a utilização de determinados produtos químicos (com destaque para o sulfato de alumínio, muito empregado no processo de coagulação e floculação da água), faz-se necessário maior cuidado com a sua disposição, de modo a evitar maiores prejuízos ao meio ambiente.

No sistema de produção de água, impactos ambientais negativos também podem ocorrer na captação da água bruta (Tchobanoglous e Schroeder, 1985), com alteração do regime hidrológico, principalmente de pequenos mananciais, e decréscimo do nível do lençol freático em captações subterrâneas. Com relação à distribuição de água potável, resultados compilados por Esrey *et al.* (1991), por exemplo, demonstram uma eficiência média de 30 % na redução da incidência de doenças infecciosas intestinais e helmintíases (categoria A, Tabela 5.2), decorrente da implementação de sistema de abastecimento de água. No entanto, mesmo os impactos positivos esperados devem ser vistos com parcimônia, pois a qualidade bacteriológica da água distribuída e consumida pela população nem sempre atende aos padrões de potabilidade (Moraes *et al.*, 1999). Segundo VanDerslice e Briscoe (1993), o comprometimento da qualidade da água distribuída constitui um fator de risco bem maior do que a água contaminada na própria residência, pois introduz novos organismos patogênicos ao meio, o que reforça, de acordo com Hunter (2001), a necessidade de se ampliar a discussão sobre o monitoramento direto desses organismos.

A qualidade da água de uma rede de distribuição está fortemente relacionada ao tipo de tratamento, ao regime de distribuição, às características de projeto e operação do sistema de abastecimento e à localização do empreendimento no que diz respeito à vulnerabilidade da área de influência (Clark e Coyle, 1990; Pimentel e Cordeiro Netto, 1998). Isso leva uma parcela considerável da população a ser abastecida com águas eventualmente contaminadas, utilizando-se de fontes alternativas (e nem sempre confiáveis) para o consumo ou encontrando-se em áreas com regime deficiente de abastecimento (Alaburda e Nishihara, 1998).

A contaminação da água nos sistemas de abastecimento se dá, portanto, pela associação de diversos fatores, tais como: a) a ausência, inadequação ou interrupção do tratamento da água, b) a descontinuidade do fornecimento, que determina pressões negativas na rede, c) a falta de sistemas de coleta e transporte de esgotos sanitários, d) a presença de baixas pressões na rede, por problemas operacionais ou de projeto, e e) a manutenção inadequada da rede, dos reservatórios de distribuição e, principalmente, das ligações domiciliares de água (Craun e Calderon, 2001; d'Aguila *et al.*, 2000).

Cairncross e Kolsky (1997) e Esrey *et al.* (1991) apontam, entretanto, que não só a qualidade, mas, principalmente, a quantidade de água disponível para consumo possui um impacto preponderante na saúde das pessoas, sendo fator a ser considerado quando da etapa de planejamento. Esrey (1996), entretanto, considera que a melhoria das condições de esgotamento sanitário possui um maior benefício à saúde, como por exemplo na redução da incidência de diarreias (categoria A, Tabela 5.2), do que os sistemas de abastecimento de água, posição esta questionada por Cairncross e Kolsky (1997). Os resultados de Gerolamo e Penna (2000) apontam, embora de maneira cautelosa, que instalações sanitárias, sem destino adequado dos esgotos, constituem-se em fator de risco para disseminação da cólera (categoria A, Tabela 5.2). Isso reforça a tese de Cairncross e Kolsky (1997) segundo a qual as prioridades em termos de saneamento são a oferta de água de boa qualidade e em quantidade suficiente, necessária para o bom funcionamento das instalações sanitárias e o afastamento dos esgotos, quando existir uma rede coletora ou fossa séptica.

5.3.2 - Sistema de esgotos sanitários

No caso do sistema de esgotos sanitários, apesar dos benefícios à saúde pública, com o afastamento dos esgotos da proximidade das residências, existem significativos impactos negativos quando da sua implementação. O principal aspecto negativo desse tipo de sistema, além de possíveis vazamentos, é a concentração da poluição nas redes coletoras. Caso não possua tratamento adequado, o sistema de esgotamento sanitário poderá induzir a uma deterioração do corpo receptor, inviabilizar a vida aquática e ainda prejudicar outros usuários da água ou outras espécies de animais e vegetais (Pimentel e Cordeiro Netto, 1998; Tchobanoglous e Schroeder, 1985).

O comprometimento do corpo receptor é um agravante tanto ambiental, quanto sanitário e se reflete mesmo quando ocorre o tratamento dos esgotos. Em levantamento desenvolvido por von Sperling e Chernicharo (2000), verificam-se que as tecnologias de tratamento de esgotos empregadas no Brasil são eficientes somente no que se refere à remoção de DBO, DQO e SS. Entretanto, não produzem um efluente compatível com os padrões de qualidade exigidos pela legislação, em termos de amônia, nitrogênio, coliformes

fecais e, principalmente, fósforo. Com esses dados, percebe-se um significativo distanciamento entre os objetivos alcançados no tratamento de esgotos no Brasil e os objetivos já atingidos em países desenvolvidos, apresentados na Tabela 5.3.

Tabela 5.3 - Evolução do tratamento de esgotos em países desenvolvidos

Período	Objetivos do tratamento de esgotos
início do século XX até a década de 1960	<ul style="list-style-type: none"> ✓ remoção de sólidos em suspensão (SS) ✓ tratamento da matéria orgânica (remoção de DBO e DQO) ✓ eliminação de organismos patogênicos
décadas de 1970 e 1980	<ul style="list-style-type: none"> ✓ preocupação principal com aspectos estéticos e ambientais do efluente ✓ remoção de DBO, SS e patogênicos continua com níveis mais elevados ✓ remoção de nutrientes (nitrogênio e fósforo) começa a ser incorporada
a partir da década de 1990	<ul style="list-style-type: none"> ✓ preocupação com os riscos à saúde relacionados com compostos químicos tóxicos ou potencialmente tóxicos lançados no meio ambiente ✓ permanência dos objetivos de melhoria da qualidade da água dos anos anteriores, porém com a mudança de ênfase para a definição e remoção de compostos tóxicos que podem causar efeitos na saúde humana em longo prazo

Fonte: adaptado de Metcalf e Eddy (1991)

A análise da Tabela 5.3 indica que o tratamento de esgotos existente hoje no Brasil somente atinge, em parte, os objetivos dos países desenvolvidos anteriores à década de 1970, pois ainda existe um déficit com relação às soluções para a eliminação de organismos patogênicos. Por outro lado, os países desenvolvidos já possuem preocupações avançadas com a proteção ambiental e os riscos à saúde pública que se refletem, por exemplo, nos cuidados com o manejo do lodo produzido em estações de tratamento de esgotos.

No Brasil, uma alternativa que pode ser adotada como forma de planejamento é a garantia da qualidade do efluente por etapas (von Sperling e Chernicharo, 2000), afigurando-se, assim, como uma solução prática no sentido de viabilizar um atendimento gradativo aos padrões de qualidade da água e aos objetivos do tratamento de esgotos. Essa evolução gradual da qualidade do efluente tratado deve permitir, além da redução dos custos de implantação da ETE, a adoção de novas alternativas tecnológicas, mesmo com mudanças na concepção original proposta para o tratamento. De certo modo, pode ser retratada também como a evolução histórica apresentada na Tabela 5.3, que possibilitou o atendimento gradual aos padrões ambientais e sanitários.

5.4 - CONSIDERAÇÕES FINAIS SOBRE OS ASPECTOS DE SAÚDE PÚBLICA E MEIO AMBIENTE

Diante das considerações anteriores, apresenta-se uma sistematização dos efeitos positivos e negativos advindos da implementação de sistemas de abastecimento de água e

de esgotos sanitários em áreas urbanas (Figura 5.2), com o objetivo de esclarecer as inter-relações entre saneamento, saúde pública e meio ambiente.

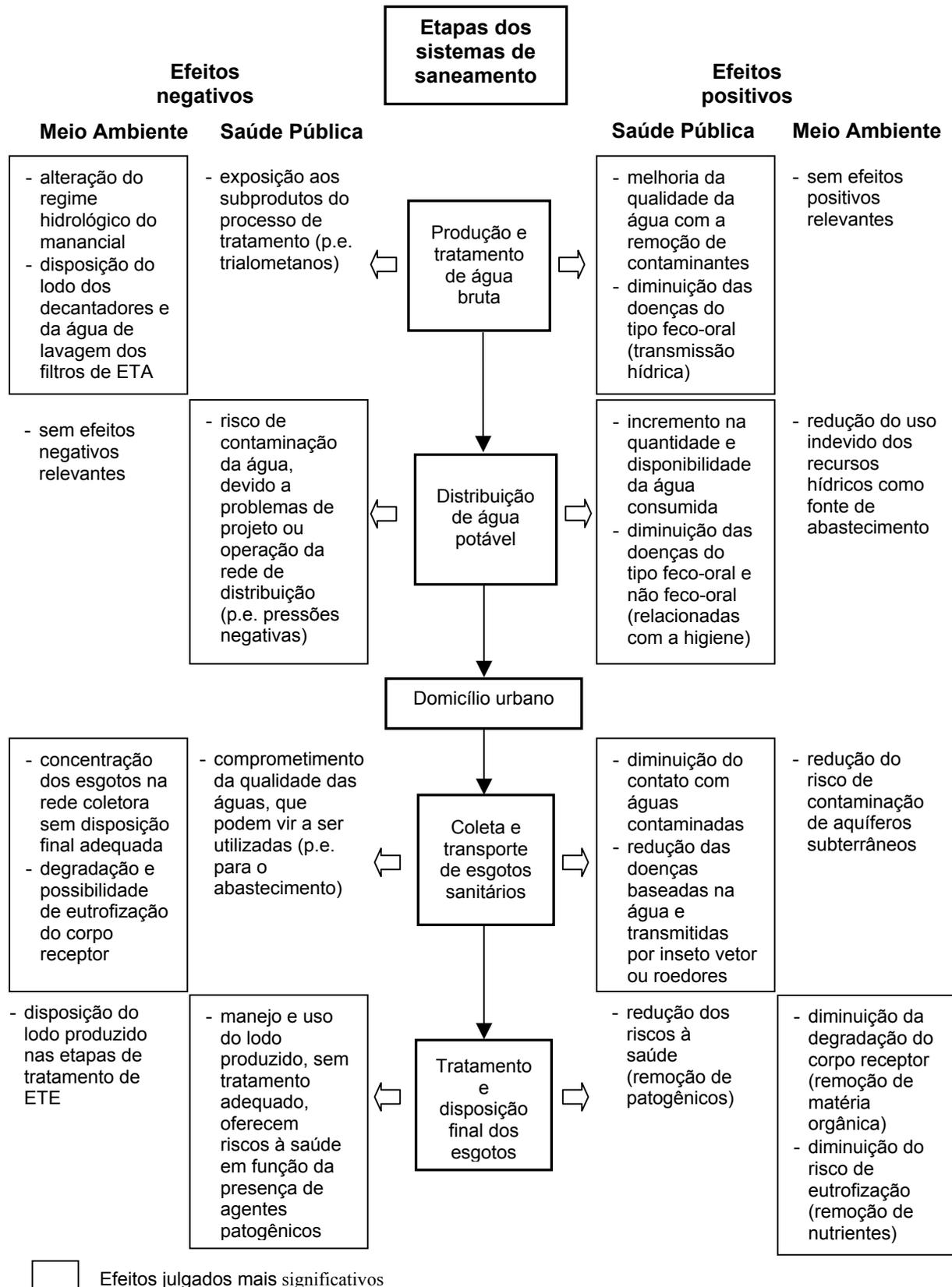


Figura 5.2 - Modelo de efeitos diretos na saúde e no meio ambiente provenientes da implementação de sistemas de abastecimento de água e de esgotos sanitários

Com relação ao modelo de efeitos apresentado na Figura 5.2, algumas observações são importantes: a) o modelo não pretende representar um conjunto exaustivo dos efeitos, muito menos definitivo, apresentando, apenas, uma visão da multiplicidade dos efeitos em face das intervenções em saneamento; b) os efeitos considerados não são equivalentes, sendo que os mais significativos encontram-se assinalados; c) os efeitos apresentados são resultados das etapas dos sistemas como usualmente projetadas e implementadas; e d) os impactos referentes ao meio ambiente são relacionados exclusivamente com os recursos hídricos, sua flora e fauna, não sendo considerados os impactos no resto do ecossistema.

Em se tratando de projetos de grandes dimensões, como a implementação de sistemas de saneamento em centros urbanos, a integração da avaliação desses efeitos na etapa de planejamento deve ser imprescindível, visando a garantir a implementação adequada das ações, tanto do ponto de vista dos objetivos ambientais, quanto dos de saúde pública.

Em muitos casos, mesmo com o investimento feito em ações de saneamento, não ocorrem os impactos positivos esperados, independente do tipo de sistema implementado. Por um lado, deficiências de projeto e dos serviços de manutenção e operação contribuem para essa situação, por outro, a ausência de ações integradas de abastecimento de água e de esgotos sanitários, dentre outras, constitui o fator dominante para a minimização ou eliminação dos efeitos positivos, como pode ser observado nas inter-relações apresentadas na Figura 5.2.

Sem dúvida, vários estudos dos efeitos das ações de saneamento confirmam a evidência de que a implementação de sistemas de abastecimento de água e de esgotamento sanitário causa benefícios à saúde pública e ao meio ambiente. Uma questão que permanece indefinida, no entanto, é o conhecimento do comportamento dos diferentes efeitos ao se compararem realidades diferentes, uma vez que os fatores envolvidos nessa questão podem ser bastante dinâmicos e muito variáveis de uma realidade à outra.

Dentre os vários fatores, um está relacionado com a existência de dois domínios de transmissão de doenças, o domínio público e o doméstico (Cairncross *et al.*, 1996), sendo fundamental essa distinção em se tratando de saneamento. Segundo os autores, a divisão em dois domínios é importante na medida em que o controle da transmissão de cada tipo exige intervenções diferentes. As doenças infecciosas que podem ser combatidas pelo saneamento se transmitem, geralmente, em ambos os domínios. Assim, mesmo que, de forma ampla, o saneamento só atue no domínio público, é necessário atender às necessidades do domínio doméstico, para que se dê a eliminação de toda transmissão evitável de doenças infecciosas. Algumas vezes, os benefícios nem sempre são resultantes diretos de ações de saneamento, mas sim decorrentes da nova relação ambiental e dos

hábitos de comportamento e higiene que se estabelecem (Esrey *et al.*, 1991; Gomes, 1995; VanDerslice e Briscoe, 1995).

Em termos de planejamento, a compreensão dessas relações entre saneamento, saúde pública e meio ambiente e a identificação e análise dos efeitos advindos da implementação de determinado sistema, seja ele de abastecimento de água ou de esgotos sanitários, são fundamentais no processo de decisão. Uma vez que cada população a ser beneficiada possui características distintas e nem sempre as ações de saneamento podem ser orientadas da mesma forma, devem-se conferir meios para se estabelecer uma certa ordem de prioridades e apontar o direcionamento mais adequado das ações.

6 - ESTUDOS DE CASO

Para a verificação prática dos elementos teóricos estabelecidos nos Capítulos 3, 4 e 5, realizou-se um levantamento da evolução dos sistemas de abastecimento de água e de esgotos sanitários e do desenvolvimento urbano de cinco cidades brasileiras: Brasília, Belo Horizonte, Goiânia, Porto Alegre e Recife. O mapa da Figura 6.1 apresenta a localização das cinco cidades investigadas. O estudo de cada cidade é apresentado separadamente, entretanto, privilegiou-se, ao máximo, a busca de uma certa homogeneidade e uniformidade na apresentação dos dados obtidos. Com isso, alguns aspectos mais específicos de determinada cidade, apesar de observados, foram descartados quando não se obtiveram informações semelhantes nos demais casos. Esse aspecto é importante principalmente em se tratando do estudo de caso de Brasília, que mesmo sendo o local de residência do autor e apesar de sua familiaridade com os sistemas de saneamento locais, não foi apresentado um detalhamento maior do que o realizado nas outras cidades.

Ressalta-se, ainda, que as visitas realizadas nessas cidades constituíram-se em fator decisivo para a obtenção e confirmação dos dados, principalmente com relação às informações obtidas nas próprias empresas prestadoras dos serviços, a saber: Saneamento de Goiás - SANEAGO (Goiânia, abril de 2001); Companhia Pernambucana de Saneamento - COMPESA (Recife, setembro de 2001); Companhia de Saneamento de Minas Gerais - COPASA (Belo Horizonte, novembro de 2001) e Departamento Municipal de Água e Esgotos - DMAE (Porto Alegre, dezembro de 2001 e janeiro de 2002).

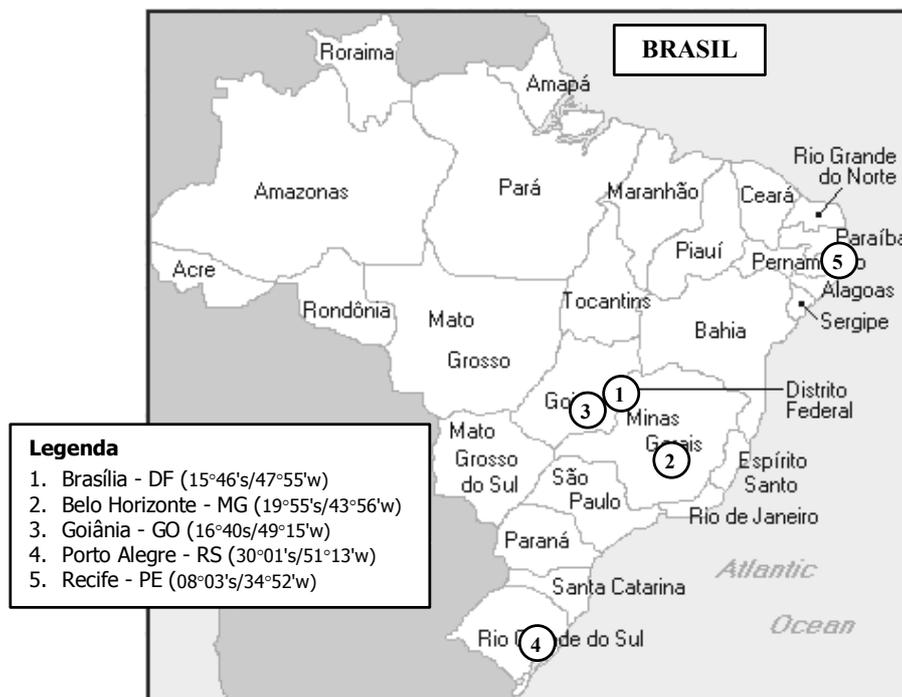


Figura 6.1 - Mapa do Brasil com indicação da localização das cinco cidades investigadas nos estudos de caso

6.1 - ESTUDO DE CASO DE BRASÍLIA (DISTRITO FEDERAL)

O quadrilátero do Distrito Federal, localizado entre os rios Descoberto e Preto no estado de Goiás, ocupa uma área de 5.811 km² (47°25' a 48°12' de longitude oeste e 15° a 16°03' de latitude sul), sendo Brasília, Capital Federal, uma de suas cidades⁵. Inaugurada em 1960 como cidade planejada, a construção de Brasília representou a adoção de um modelo de uso e ocupação do solo que não permitia nem a definição de um espaço urbano contínuo, nem o acréscimo de novas áreas urbanas contíguas ao núcleo central (Leme, 1999). Assim, em função de seu projeto original, Brasília possui as seguintes particularidades (Ferreira, 1999; Paviani, 1988; Steinberger, 1999): a) concepção inicial de cidade projetada, com uma meta de tamanho previamente definida de 500 mil habitantes no ano 2000, que deveria ter sido suficiente para gerenciar a ocupação do território do Distrito Federal; b) periferia composta de diversos núcleos urbanos, com largos espaços não ocupados, denominados de cidades satélites; e c) estabelecimento institucional do território como Distrito Federal, fornecendo ao poder público a oportunidade de coordenar o uso e ocupação do espaço urbano.

Com efeito, a ocupação territorial do Distrito Federal sempre esteve relacionada aos planos de urbanização e instrumentos legais utilizados pelo Estado, que objetivaram a regulamentação e a fiscalização do uso e ocupação do solo. Em princípio, a dinâmica de ocupação resultante das ações do poder público foi definida com a implantação do Plano Piloto no centro e, a partir daí, todas as ações foram decorrentes desse objeto principal (Silveira, 1999). No entanto, como resultado do processo de urbanização, o Distrito Federal superou, muito antes do previsto, as expectativas de crescimento demográfico e da população total inicialmente prevista, como pode ser observado na Tabela 6.1

Tabela 6.1 - População do Distrito Federal (1960-2000)

Período	População Total (hab.)	Grau de Urbanização (%)	Taxa média geométrica de crescimento anual (%)
1960	140.164	63,02	-
1970	537.492	96,02	14,39
1980	1.176.935	96,78	8,15
1990	1.601.094	94,68	2,84
2000	2.043.169	95,66	2,77

Fonte: IBGE

⁵ Brasília contém, somente, a Asa Sul e Asa Norte, constituindo-se na Região Administrativa I, enquanto que o denominado Plano Piloto inclui, além de Brasília, o Cruzeiro e a Candangolândia (Regiões Administrativas XI e XIX).

6.1.1 - Desenvolvimento urbano do Distrito Federal

Conforme pesquisa do Núcleo de Estudos Urbanos e Regionais da UnB (Steinberger, 1999), a história do aglomerado urbano de Brasília pode ser descrita em três períodos principais, cujos contornos foram estabelecidos em face do contexto político e dos diferentes ritmos de desenvolvimento do Distrito Federal. As principais características de cada período encontram-se consolidadas na Tabela 6.2.

Tabela 6.2 - Panorama histórico do desenvolvimento urbano do Distrito Federal

Período	Principais características
1956-1973	<ul style="list-style-type: none">✓ ausência de planejamento e decisões autoritárias que objetivavam a conquista do território e a consolidação de Brasília como Capital Federal✓ desobstrução das áreas centrais e a criação das cidades satélites, em uma ocupação em múltiplos núcleos e periférica em relação ao Plano Piloto
1974-1987	<ul style="list-style-type: none">✓ consolidação das funções de centro político e administrativo e preocupação com o ordenamento da conquista, a partir da elaboração de vários planos voltados para o território do DF✓ ausência de uma política habitacional e foco dirigido à prática de ações destinadas a expandir e adensar as cidades já existentes✓ intensificação de conflitos na ocupação do território, inclusive com a expansão sobre o território goiano, criando núcleos e submetendo-os a dependência em relação ao DF
1988-2000	<ul style="list-style-type: none">✓ consolidação do aglomerado urbano, com ações que, mais uma vez, geraram a criação de novas cidades satélites✓ acelerado processo de urbanização, com acréscimo superior a 70% do espaço urbano regularizado✓ proliferação de loteamentos clandestinos e o aparecimento da cidade ilegal, a partir do surgimento de condomínios irregulares✓ avanço da legislação ambiental do DF, com a criação de várias unidades de conservação do território, principalmente na bacia do Lago Paranoá

Fonte: Anjos (1996), Paviani (1988), Silveira (1999) e Steinberger (1999)

Sob o ponto de vista da organização espacial, o Distrito Federal encontra-se dividido, retratando, de certo modo, o modelo de urbanização brasileiro. Como as cidades satélites não foram consideradas componentes do planejamento urbano, a solução do problema de moradia da população de baixa renda se fez com a sua exclusão do núcleo central valorizado e planejado, levando à segregação espacial (Silveira, 1999; Ferreira, 1999). Esse aspecto é evidenciado na Tabela 6.3, em que se verificam fortes distorções com relação à distribuição de renda entre as regiões administrativas do Distrito Federal. Ao dividir as regiões administrativas em três grupos, percebe-se claramente as distinções entre o grupo das regiões de classe média e alta, localizado nas margens do Lago Paranoá (grupo I), e os demais grupos representados pelas cidades satélites tradicionais e de implementação recente (grupos II e III).

Além das cidades satélites, observa-se, a partir da década de 1980, o surgimento de duas novas extensões da periferia: a cidade ilegal, que prolifera clandestinamente com os

denominados condomínios irregulares e a periferia localizada fora dos limites do DF, denominada de Região do Entorno do Distrito Federal⁶. Segundo Paviani (1988), essa concentração e descentralização foi, de certa forma, efetivada intencionalmente, sob o discurso de preservação do Plano Piloto e, sobretudo, da bacia do Lago Paranoá.

Tabela 6.3 - Nível de renda *per capita* por grupo de administrações regionais no Distrito Federal

Grupo	Regiões Administrativas	Renda Média	Principais Características
I	Brasília, Lago Sul e Lago Norte	8,65 - 16,69	O Lago Sul e Lago Norte são áreas nobres localizadas nas margens do Lago Paranoá
II	Cruzeiro, Guará, Núcleo Bandeirante, Taguatinga, Candangolândia e Sobradinho	2,70 - 5,98	Cidades satélites tradicionais localizadas próximas à Brasília
III	Riacho Fundo, Gama, Samambaia, Ceilândia, Brazlândia, Planaltina, São Sebastião, Santa Maria, Recanto das Emas e Paranoá	1,07 - 2,23	Cidades satélites de implementação recente e cidades satélites tradicionais distantes de Brasília

* Fonte: CODEPLAN (1997)

Com efeito, a preservação da bacia do Lago Paranoá, onde está localizado o Plano Piloto, direcionou, desde cedo, a maioria das ações governamentais que resultaram em uma ocupação territorial segregada e rarefeita (Silveira, 1999). Em 1970, um ano após a criação da Companhia de Saneamento do Distrito Federal - CAESB (na época, Companhia de Água e Esgotos de Brasília), foi elaborado o Plano Diretor de Água, Esgoto e Controle da Poluição Hídrica do DF. Nesse documento, recomendou-se a não ocupação dos espaços livres localizados na bacia do Lago Paranoá e estabeleceu-se um limite populacional para essa região (Burnett *et al.*, 2001). Essa premissa tornou-se básica para o planejamento e uso do solo no DF, influenciando, sobremaneira, a elaboração de planos e políticas urbanas (Silveira, 1999).

De fato, a primeira tentativa institucional de organização do território do DF, que se remete ao Plano Estrutural de Organização Territorial - PEOT de 1978, propunha diretrizes para a implantação de novos assentamentos, considerando as melhores alternativas para o sistema de transportes e o abastecimento de água e coleta de esgotos (Silveira, 1999). A melhor alternativa, sob todos os aspectos analisados, teve como principal fator a questão da preservação dos recursos hídricos, especialmente do Lago Paranoá. Essa alternativa, definiu também um eixo de crescimento para o DF, no quadrante sudoeste do território (no eixo Taguatinga em direção ao Gama).

⁶ Os municípios da Região do Entorno do Distrito Federal que mais sofrem pressão populacional são: Formosa, Planaltina de Goiás, Padre Bernardo, Águas Lindas de Goiás, Santo Antônio do Descoberto, Novo Gama, Valparaíso de Goiás, Cidade Ocidental, Luziânia e Cristalina, todos pertencentes ao estado de Goiás.

Seguiram-se ao PEOT, outros planos elaborados na década de 1980, tais como (Oliva *et al.*, 2001): o Plano de Ordenamento Territorial - POT, elaborado em 1985; o Plano de Ocupação e Usos do Solo - POUZO, de 1986, que ratifica o POT e introduz diretrizes relativas à preservação ambiental; além dos documentos Brasília 57-85 (do plano piloto ao Plano Piloto) e Brasília Revisitada 85-87 que trouxeram reflexões quanto ao uso do solo, porém restringindo-se ao núcleo central. Na década de 1990, foi elaborado o Plano Diretor de Ordenamento Territorial do DF - PDOT em 1992, que foi revisado e instituído em 1997, a partir da Lei Complementar nº 17 de 28/01/1997. A ocupação do quadrante sudoeste, indicada no PEOT e representada esquematicamente na Figura 6.2, hoje concentra grande parcela populacional do DF, caracterizando-se pela dispersão dos assentamentos em uma ocupação horizontal e rarefeita e apresentando uma crescente degradação ambiental na direção da periferia (Silveira, 1999).

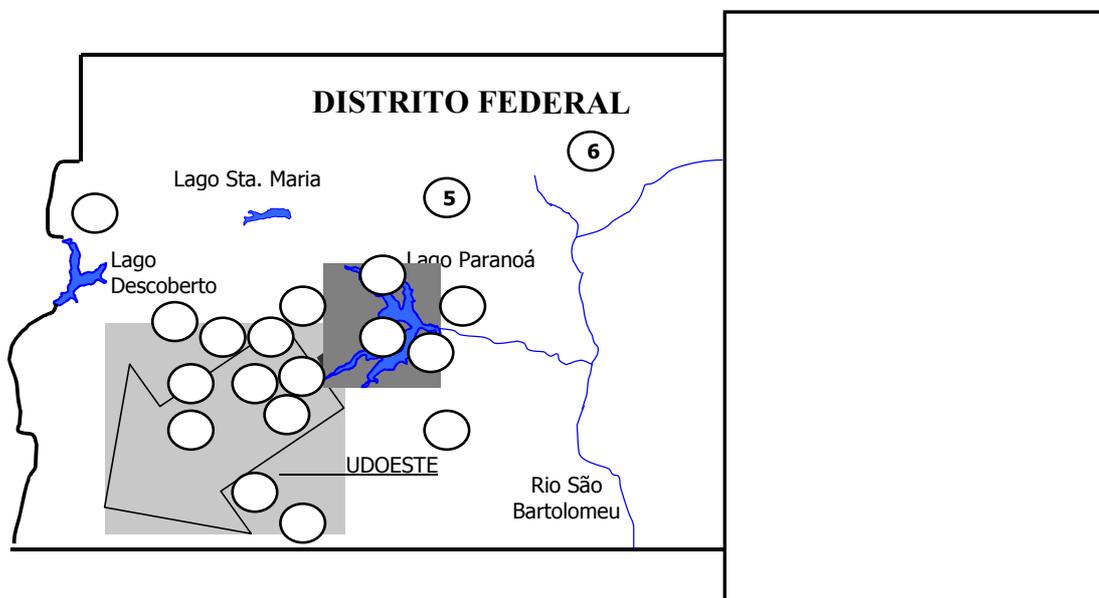


Figura 6.2 - Localização das regiões administrativas do Distrito Federal

O PDOT/97 prestigiu e fortaleceu o processo de conurbação, principalmente no quadrante sudoeste (zona urbana de dinamização), anunciou um outro na direção nordeste, onde atualmente está localizada a maioria dos loteamentos irregulares, e ampliou de forma considerável as áreas urbanas de Sobradinho e de Planaltina (zona urbana de uso controlado). A zona urbana de uso controlado é de tal dimensão que circunda o Plano Piloto na direção nordeste/sudeste (Silveira, 1999).

Essa proposta de eixo nordeste/sudeste, segundo Silveira (1999) contrariou todas as diretrizes anteriores de ocupação do Distrito Federal, principalmente as ambientais, apesar de ser explicada em função dos loteamentos irregulares. Esse eixo de crescimento urbano (em oposição ao eixo sudoeste, caracterizado como de ocupação de baixa renda) está sendo delineado a nordeste do DF pelos loteamentos irregulares de classe média que

contribuem para inverter a ordem estabelecida na concepção da cidade e demonstrar a segregação espacial das classes menos favorecidas, localizadas na periferia. Além disso, essa ocupação do solo compromete a futura utilização da bacia do rio São Bartolomeu como alternativa para a produção de água potável no Distrito Federal, que tinha sido prevista no Plano Diretor de Água, Esgotos e Controle da Poluição Hídrica, elaborado no final da década de 1980⁷ (CAESB, 1990).

6.1.2 - Sistema de abastecimento de água do Distrito Federal

O rápido processo de urbanização no Distrito Federal exigiu, historicamente, a utilização de diversos mananciais para o abastecimento público de água, que foram sendo incorporados para atender à demanda devido ao crescimento populacional. Além dos dois principais sistemas de produção, Santa Maria e Descoberto, captações realizadas em barragens de acumulação implementadas, respectivamente, em 1970 e 1979, foram utilizados diversos mananciais de pequeno porte, como pode ser observado na Figura 6.3.

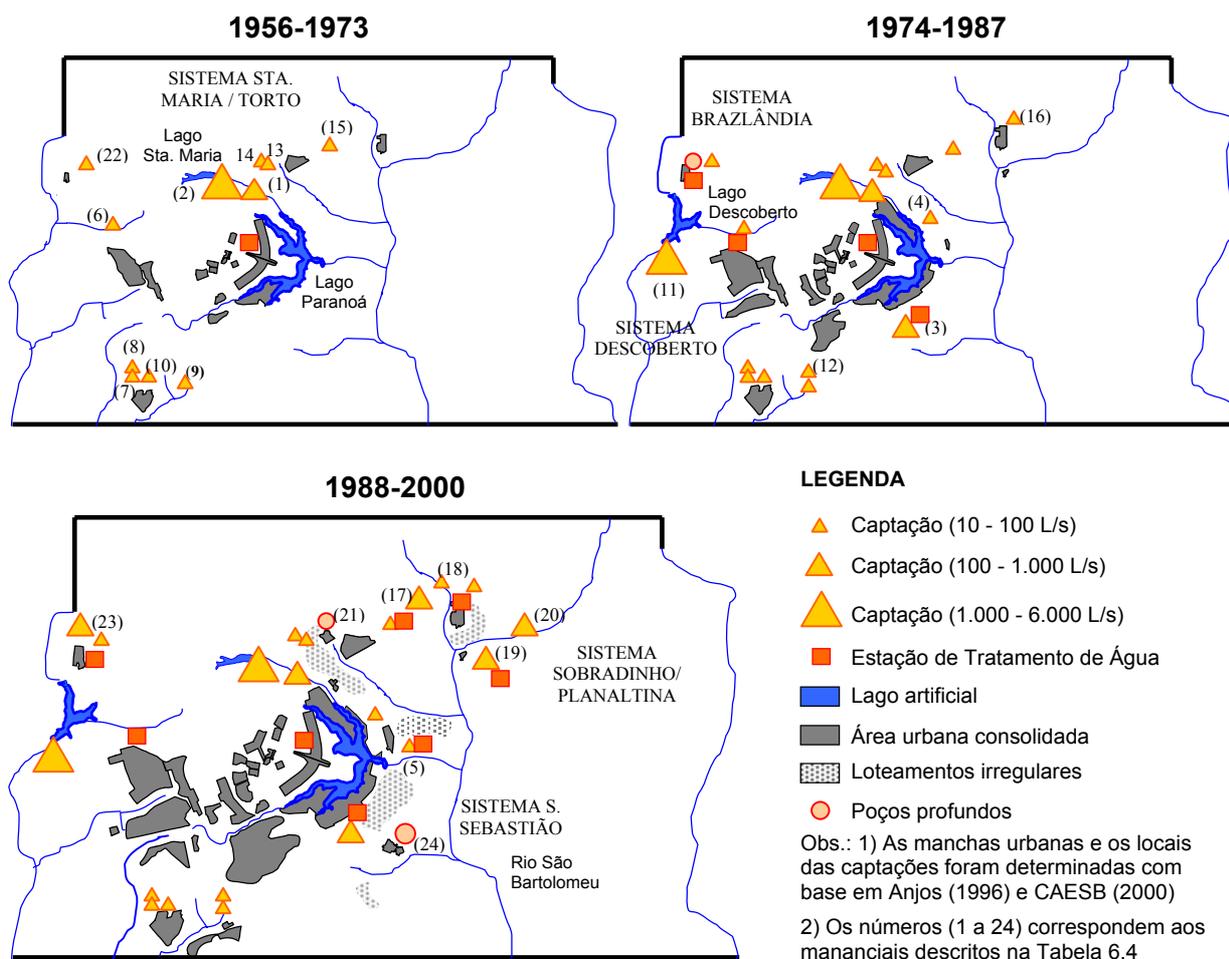


Figura 6.3 - Evolução histórica do sistema de produção de água do Distrito Federal

⁷ O novo Plano Diretor de Água e Esgotos do Distrito Federal - 2000 encontra-se em fase de elaboração.

Em complementação à Figura 6.3, a Tabela 6.4 apresenta os principais dados sobre os sistemas de produção (captação e tratamento) atualmente utilizados pela CAESB para o abastecimento de água do Distrito Federal.

Tabela 6.4 - Sistema de produção de água potável do Distrito Federal

Sistema	Manancial*	Vazão disponível (L/s)**	Área da bacia de contribuição (km ²)***	Tipo de tratamento (capacidade nominal)****
Santa Maria /Torto	1. Torto	809	210,0	- ETA filtração direta (2,8 m ³ /s) p/ Santa Maria e Torto*****
	2. Santa Maria	1.260	101,0	- ETA convencional (60 L/s) p/ Cachoeirinha
	3. Cabeça do Veado	110	21,5	- ETA filtração direta (190 L/s) p/ Cabeça do Veado
	4. Taquari	16	5,4	- UTS (16 L/s) p/ Taquari
	5. Cachoeirinha	32	9,2	
Descoberto	6. Pedras	88	28,5	- ETA filtração direta (6 m ³ /s) p/ Descoberto e Pedras
	7. Ponte de Terra	30	9,8	- 2 UTS (25-30 L/s) p/ Ponte de Terra e Olho D'água
	8. Olho D'água	25	2,3	- 2 UTS c/ correção de pH (35-40 L/s) p/ Catetinho e Alagado
	9. Alagado	40	12,9	
	10. Crispim	30	3,1	
	11. Descoberto	5.100	444,0	Obs.: Crispim é um poço de captação (nascente)
Sobradinho/ Planaltina	12. Catetinho	35	8,5	
	13. Paranoazinho	55	5,1	- ETA filtração ascendente/ descendente (400 L/s) p/ Pipiripau, Brejinho e Fumal
	14. Contagem	55	6,4	- ETA convencional (54 L/s) p/ Quinze
	15. Corguinho	35	11,3	- ETA filtração direta ascendente (60 L/s) p/ Corguinho e Mestre D'Armas
	16. Brejinho	70	19,2	- 3 UTS (55-70 L/s) p/ Contagem, Paranoazinho, Brejinho e Fumal
	17. Mestre D'Armas	212	52,3	- UTS c/ correção de pH (35 L/s) p/ Contagem e Corguinho
	18. Fumal	208	28,5	- Cloração em 75% dos poços
	19. Quinze	122	39,0	
	20. Pipiripau	720	187,9	
	21. Poços profundos	18	4 poços em operação	
	Brazlândia	22. Capão da Onça	35	8,1
23. Barrocão		132	36,5	
S. Sebastião	24. Poços profundos	126	18 poços em operação	- Cloração em 44,4 % dos poços

Obs.: Os números nas captações indicam sua localização no desenho esquemático da Figura 6.3

* Todas as captações são em barragem de nível, exceto Santa Maria e Descoberto (barragem de acumulação)

** Vazão mínima Q_{7,10} em barragem de nível; vazão regularizada em barragem de acumulação e vazão operacional nos poços profundos

*** As áreas das bacias de contribuição correspondem as áreas de proteção dos mananciais

**** UTS: unidade de tratamento simplificado - cloração e fluoretação

***** O projeto original da ETA consistia em um processo convencional, modificado em meados da década de 1980 a partir de estudos desenvolvidos por Bratby (1986)

Fonte: CAESB (2000)

Apesar da existência de dois mananciais principais, a análise da Figura 6.3 e da Tabela 6.4 permite inferir que a produção de água no Distrito Federal possuiu um caráter descentralizado motivado, em parte, pelo padrão polinucleado de seu urbanismo e pela característica dos recursos hídricos da região, composta, em sua maioria, por pequenos córregos e riachos situados nas cabeceiras das principais bacias hidrográficas do território

brasileiro. Entretanto, a descentralização não é verificada na prática, pois os sistemas produtores de água operam, em sua maioria, de forma integrada. Como exemplo, ressalta-se que, em 2000, uma vazão média de 471 L/s foi transferida do sistema Descoberto para o sistema Santa Maria/Torto, conforme vem ocorrendo, sistematicamente, ao longo dos últimos anos com valores médios variáveis (CAESB, 2000).

Como verificado na Figura 6.3, o aumento da demanda levou a uma progressiva utilização de um maior número de mananciais para o abastecimento de água e, de forma conseqüente, a necessidade de uma maior quantidade de área de contribuição. Com efeito, na Figura 6.4 é apresentado o crescimento populacional do Distrito Federal (1960-2000), com base na Tabela 6.1, associado às áreas das bacias de contribuição dos respectivos mananciais utilizados. Verifica-se que, a partir da década de 1990, o crescimento populacional é superior à implementação de novos mananciais, mesmo considerando-se, em 2000, a inauguração da captação no rio Pípiripau ($Q_{7,10} = 720 \text{ L/s}$; $A = 187,9 \text{ m}^2$). Como a cobertura por sistema de abastecimento de água no DF é da ordem de 90%, a diferença pode ser explicada pela presença de inúmeros loteamentos e condomínios irregulares (indicados na Figura 6.3) que não são abastecidos pela CAESB. Além disso, o sistema de São Sebastião também não contribui para o incremento de área, pois é constituído somente por poços profundos.

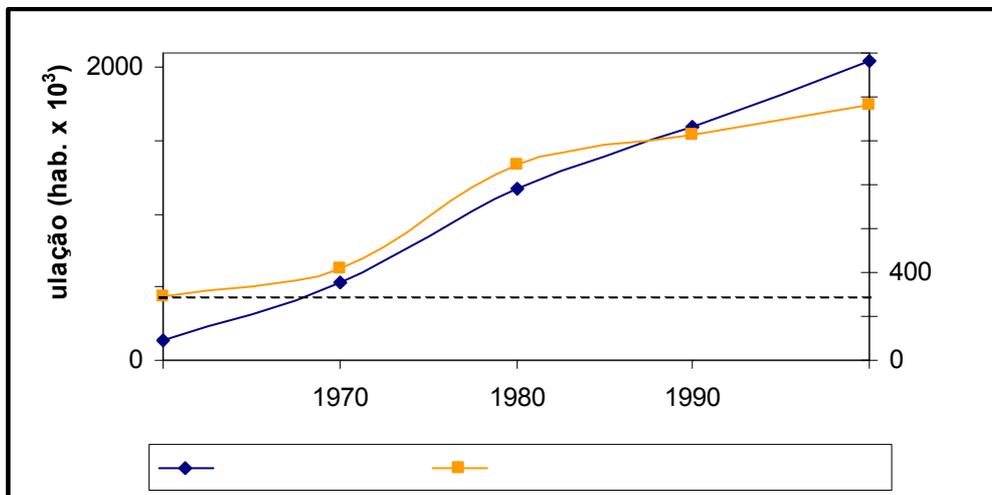


Figura 6.4 - Crescimento populacional e respectivas áreas das bacias de contribuição dos mananciais superficiais utilizados no Distrito Federal

Ainda com relação à Figura 6.4, pode-se notar que se a população do Distrito Federal tivesse apresentado o crescimento previsto quando de sua inauguração (500.000 habitantes em 2000), os mananciais utilizados na década de 1960 teriam sido suficientes para o abastecimento de água, como indicado pela linha pontilhada. Isso reflete uma das dificuldades do planejamento na área de saneamento, pois o elevado crescimento populacional limitou as alternativas previstas para fim de plano.

As Figuras 6.3 e 6.4 também apontam para um possível limite do uso de mananciais superficiais no território do Distrito Federal, com exceção da bacia do rio São Bartolomeu. No entanto, como explicitado anteriormente, a qualidade das águas dessa bacia está sendo comprometida pelo atual processo de urbanização, principalmente em se tratando das ocupações irregulares. Desse modo, para a ampliação do sistema produtor, discute-se a possibilidade de utilização de mananciais localizados fora dos limites do DF, o que implica em arranjos institucionais mais complexos e maiores investimentos financeiros.

Além do aumento da demanda, o processo de urbanização também produz reflexos no sistema atual. A Tabela 6.4 mostra, por exemplo, que existem várias unidades simplificadas (UTS) utilizadas para o tratamento de água das captações localizadas em pequenos mananciais, o que indicaria um elevado padrão de qualidade da água bruta. No entanto, a qualidade da água desses mananciais vem sendo comprometida, principalmente nos mananciais cujas bacias de contribuição estão próximas a zona urbana, o que reflete a dificuldade em se controlar as áreas de proteção de mananciais. Desse modo, várias ETAs encontram-se em fase de projeto, tais como Taquari, Gama, Taquara, Pípiripau (2ª etapa) e Contagem/Paranoazinho, com capacidade nominal total de 940L/s (CAESB, 2000). Essas estações serão utilizadas para substituir as nove unidades de tratamento simplificado existentes, em concordância, também com o preconizado pela nova portaria do Ministério da Saúde (Portaria nº 1.469/2000), que exige a etapa de filtração para o tratamento de águas provenientes de mananciais superficiais (ver Tabela 3.1).

6.1.3 - Sistema de esgotos sanitários do Distrito Federal

A evolução gradual no fornecimento de água potável no Distrito Federal, retratada na Figura 6.3, não é observada no que se refere às soluções de esgotos sanitários. Esse aspecto pode ser constatado na Figura 6.5, que apresenta as localizações das estações de tratamento de esgotos implementadas pela CAESB para o controle da poluição hídrica no Distrito Federal bem como as áreas onde ocorrem o lançamento de esgotos brutos. A Tabela 6.5, por sua vez, apresenta algumas informações complementares à Figura 6.5, referentes aos sistemas de tratamento de esgotos sanitários do Distrito Federal.

Em abril de 1969, a CAESB foi criada tendo como atribuições o controle da poluição hídrica, a conservação, proteção e fiscalização das bacias hidrográficas, para fins de abastecimento de água, além daquelas inerentes à área de saneamento (Burnett *et al.*, 2001). Entretanto, embora a CAESB tenha sido a primeira empresa de saneamento do país a ter competência legal para atuar na área ambiental, o Distrito Federal não escapou à regra da política de saneamento vigente durante o PLANASA, isto é, com ênfase nos sistemas de abastecimento de água e com ausência de soluções adequadas em termos dos sistemas de esgotos sanitários, principalmente com relação à disposição final e ao tratamento. Com

efeito, as soluções para o tratamento de esgotos sanitários no Distrito Federal podem ser divididas em duas fases distintas: a) a primeira, anterior até mesmo à criação da CAESB, que privilegiou a preservação do Lago Paranoá e, portanto, concentrou-se apenas no núcleo central e b) a segunda, que remonta ao final da década de 1990, que lidou com o problema do destino dos esgotos coletados nas cidades satélites.

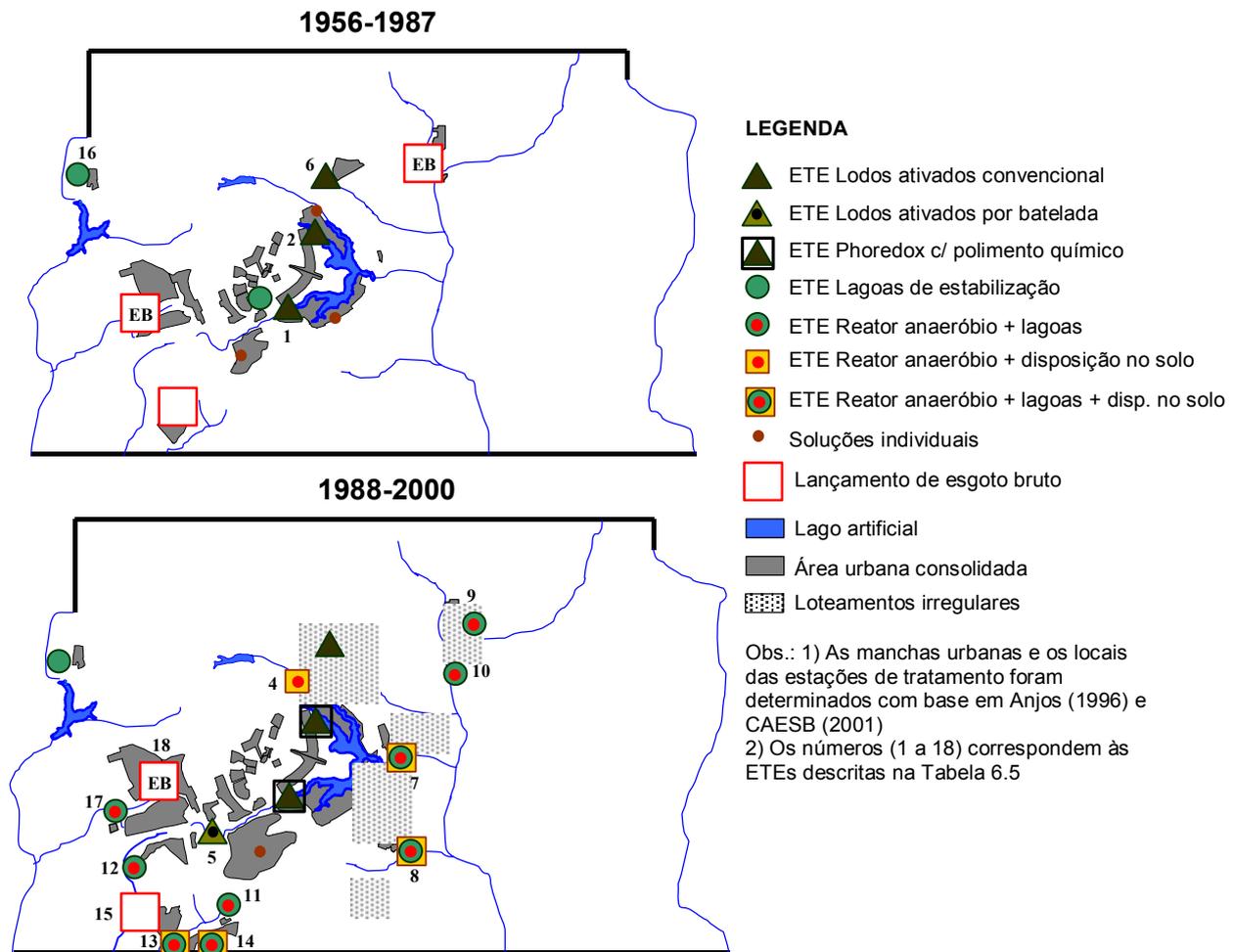


Figura 6.5 - Evolução histórica do sistema de tratamento de esgotos do Distrito Federal

Contrariando as recomendações dos relatórios técnicos iniciais, duas das primeiras estações de tratamento de esgotos do DF foram construídas na área do Plano Piloto, uma na Asa Sul (ETE Brasília Sul), inaugurada em 1960, e outra na Asa Norte (ETE Brasília Norte), que entrou em operação em 1969 (Burnett *et al.*, 2001). Essas duas ETEs, localizadas na beira do Lago Paranoá, adotaram o processo de lodos ativados convencional para o tratamento de esgotos sanitários, o que não foi suficiente para impedir a proliferação de algas devido ao aporte dos efluentes ao lago. Com efeito, segundo Cordeiro Netto e Dutra Filho (1981), as principais fontes de nutrientes que chegavam ao lago eram

provenientes de seus tributários, das galerias de águas pluviais, de esgotos clandestinos, do escoamento superficial e, principalmente, das ETEs Brasília Sul e Norte.

Tabela 6.5 - Sistemas de tratamento de esgotos sanitários do Distrito Federal

Bacia Hidrográfica	ETE	Vazão média (L/s)*	operação	Processo de tratamento adotado
Lago Paranoá	1. Brasília Sul	1.500	1960	Phoredox modificado c/ polimento químico**
	2. Brasília Norte	920	1969	Phoredox modificado c/ polimento químico**
	3. Guará	-	1970***	Lagoas de estabilização (sistema desativado)
	4. Torto	6	1994	Reator UASB + disposição no solo
	5. Riacho Fundo	94	1997	Lodos ativados por batelada
rio São Bartolomeu	6. Sobradinho	56	1967	Lodos ativados convencional****
	7. Paranoá	112	1997	Reatores UASB + LAT + disposição no solo*****
	8. São Sebastião	226	1998	Reatores UASB + disposição no solo + lagoas
	9. Planaltina	255	1998	Lagoa UASB/facultativa + lagoas de maturação
	10. V. do Amanhecer	35	1998	Reator UASB + lagoas de estabilização
rio Alagado/ Ponte Alta	11. V. Aeronáutica	34	1997	Lagoa UASB/facultativa + lagoas de maturação
	12. R. das Emas	246	1998	Reator UASB + lagoa aerada + l. facultativas
	13. Alagado	154	1998	Reatores UASB + LAT + disposição no solo
	14. Santa Maria	154	2000	Reatores UASB + lagoas + disposição no solo
	15. Gama			ETE em projeto
rio Melchior/ Descoberto	16. Brazlândia	87	1980***	Lagoas anaeróbias + lagoas facultativas
	17. Samambaia	284	1996	Lagoa UASB/facultativa + LAT + l. de maturação
	18. Melchior			ETE em obras

Obs.: Os números nas ETEs indicam sua localização na Figura 6.5

* Vazão média de projeto em L/s

** O processo de lodos ativados convencional foi modificado para um processo de remoção biológica de nutrientes e polimento químico final, inaugurado em 1993 (ETE Brasília Sul) e 1994 (ETE Brasília Norte)

*** Representa a década e não o ano de início de funcionamento

**** O sistema de tratamento da ETE Sobradinho foi modificado em 1993, com a adição de produtos químicos ao processo de lodos ativados convencional

***** LAT: Lagoas de alta taxa

Fonte: CAESB (2001)

Com a crescente deterioração da qualidade das águas do Lago Paranoá na década de 1970 e objetivando o controle do uso e ocupação do solo em sua bacia hidrográfica, vários estudos foram realizados com ênfase no controle dos esgotos sanitários dessa região. As alternativas estudadas podem ser reunidas em dois grupos de soluções (Braga Netto, 2001): a) as que preconizavam o encaminhamento dos efluentes para o lago, após tratamento terciário; e b) as que sugeriam a exportação dos efluentes para outras bacias, onde seriam tratados de acordo com as características dos seus corpos receptores.

No segundo grupo, favorável à exportação dos efluentes, destacam-se o Plano Diretor de Águas, Esgoto e Controle da Poluição Hídrica do DF, apresentado em 1970, o Relatório Preliminar sobre o Lago de Brasília, de 1974, e o documento "Análise de Alguns Aspectos e Soluções Prováveis para o Lago Paranoá", de 1975. Apesar desses estudos técnicos

apontarem para a exportação dos esgotos sanitários, a CAESB, a partir de negociações com o Banco Mundial - BIRD, iniciadas em 1976, e das restrições impostas ao financiamento, optou pela sofisticação do tratamento dos esgotos sanitários às margens do Lago Paranoá, o que só aconteceu com a reformulação e nova inauguração das ETEs Brasília Sul e Brasília Norte, nos anos de 1993 e 1994 (Burnett *et al.*, 2001).

Além dos aspectos econômicos (os custos de exportação eram 35% mais altos do que o do tratamento terciário adotado) e ambientais (transferência do problema e balanço hídrico do lago) envolvidos na decisão quanto à sofisticação do processo de tratamento das ETEs Brasília Sul e Brasília Norte, ressalta-se a importância dos aspectos políticos e sócio-econômicos envolvidos na questão. Segundo Braga Netto (2001), a opção adotada influenciou a segregação espacial e exclusão social já presentes no Distrito Federal, ao impedir que uma parcela significativa da população ocupasse a bacia do Lago Paranoá, em função da capacidade de suporte limitada do lago e das referidas ETEs.

A conjuntura política também foi determinante para a implementação das demais estações de tratamento do Distrito Federal, em particular no período de 1995 a 1998, quando o governo estabeleceu como meta prioritária a superação do déficit na área de esgotos sanitários. O Distrito Federal possuía, em 1995, 78% de atendimento por rede coletora, sendo que cinco das 19 regiões administrativas existentes não possuíam qualquer tipo de sistema público de esgotos sanitários (Montenegro, 1996). O grande salto quantitativo, tanto em termos de instalação de sistemas de coleta e transporte como de implementação de estações de tratamento de esgotos sanitários, deu-se a partir de uma política de reajuste de tarifas, tornando-as mais realistas, de mudanças no âmbito institucional da CAESB, com a incorporação da mobilização comunitária e da adoção de tecnologias não convencionais para os sistemas de esgotos sanitários, tanto no traçado das redes como nos processos adotados para o tratamento (Negreiros, 1998).

A revisão da estrutura tarifária, implementada em 1995, permitiu elevar a receita em quase 39%, ao reduzir ou eliminar o subsídio dos consumidores residenciais com padrão elevado de consumo e elevar os preços dos consumidores não residenciais e residenciais, assegurando, porém, subsídio aos consumidores residenciais de renda mais baixa (Montenegro, 1996). Em um processo de participação comunitária e de busca do uso de uma tecnologia apropriada, foi adotado em todo o Distrito Federal o modelo condominial de esgotos sanitários para a coleta e transporte de esgotos sanitários e implementadas 9 estações de tratamento de esgotos em diversas cidades satélites (ABES, 1998; Nazareth, 1998). Com exceção da ETE Riacho Fundo, localizada na Bacia do Lago Paranoá, todas as estações adotaram processos naturais de tratamento, isto é, sem a necessidade do uso intensivo de energia elétrica e de equipamentos mecanizados, tais como reatores

anaeróbios, lagoas de estabilização e leitos para a disposição controlada de esgotos no solo, em diferentes combinações.

Como pode ser observado na Figura 6.5 e Tabela 6.5, a década de 1990 representou um período de grande avanço no tratamento de esgotos do Distrito Federal, com a reformulação do processo de tratamento das estações mais antigas (casos da ETE Brasília Sul, ETE Brasília Norte e ETE Sobradinho) e com a implementação de 10 novas estações de tratamento a partir de 1996. Essa fase de gestão do tratamento de esgotos sanitários no Distrito Federal se destacou em âmbito nacional, pela diversidade de tecnologias empregadas, pela ênfase nos processos anaeróbios e naturais de tratamento (sem perdas de eficiência de remoção) e pelo índice de tratamento de esgotos alcançados (cerca de 65% de todos os esgotos coletados no DF). Entretanto, ressalta-se que a região administrativa II (Gama) e, principalmente as populosas regiões administrativas III e IX (Taguatinga e Ceilândia), ainda não contam com o tratamento dos esgotos há muito coletados acarretando, como consequência, significativos impactos ambientais nos recursos hídricos da região.

6.2 - ESTUDO DE CASO DE BELO HORIZONTE

A cidade de Belo Horizonte, planejada para ser a capital do estado de Minas Gerais, surgiu em um período marcado por muitas transformações, em que uma série de fatores favorecia a idéia de mudança. Entre esses fatores, afirmava-se que a cidade de Ouro Preto, antiga capital, não ofereceria condições adequadas para o crescimento econômico esperado, pois os sistemas de transportes e de comunicações seriam dificultados pelo relevo acidentado da cidade e as estruturas de saneamento e higiene não comportariam mais um aumento da população (FJP, 1997; Leme, 1999). Desse modo, em consonância com a forte preocupação higienista do urbanismo da época, o saneamento constituiu-se em um dos principais aspectos do projeto de Belo Horizonte (Gomes e Lima, 1999).

O projeto original dividiu a cidade em três principais zonas: a área central urbana, a área suburbana e a área de sítios (Leme, 1999). A área central, limitada pela atual Avenida do Contorno, receberia toda a estrutura urbana de transportes, educação, saneamento e assistência médica. A região suburbana, formada por ruas irregulares, deveria ser ocupada mais tarde e não receberia, de imediato, infra-estrutura. A área de sítios funcionaria como um cinturão verde, abastecendo a cidade com produtos agrícolas. Com essa concepção, a cidade já se configurava como elitista, o que foi confirmado, desde o princípio, com a formação de favelas na periferia da cidade. De fato, inaugurada com muito ainda por fazer, em dezembro de 1897, a cidade de Belo Horizonte só se consolidou algumas décadas

depois, em um processo marcado por um desenvolvimento diferenciado entre a zona urbana central e a periferia (Villaça, 2001).

6.2.1 - Desenvolvimento urbano de Belo Horizonte

Desde a sua formação, a segregação espacial e exclusão social comprometeram o projeto urbanístico de Belo Horizonte. A manutenção do padrão de urbanização previsto na concepção inicial da cidade, no que se refere as áreas suburbanas, foi prejudicado, por um lado, pela paralisação ou diminuição do ritmo das obras de construção da cidade a partir da crise econômica de 1898 e, por outro lado, pela dificuldade do Poder Público em atender nos mesmos moldes previstos para a zona urbana, os requisitos de infra-estrutura de uma área que cresceu rapidamente e de forma diferente da estabelecida pelo plano original (Gomes e Lima, 1999). Desse modo, optou-se por um atendimento desigual, que privilegiou a complementação da infra-estrutura na zona urbana e relegou a periferia a um segundo plano, acarretando, entre outras conseqüências, no déficit por sistemas de saneamento.

Como outras metrópoles brasileiras, Belo Horizonte apresentou um rápido crescimento demográfico, principalmente a partir da década de 1950, como pode ser observado na Figura 6.6. Isso implicou, de forma recorrente, em uma demanda por instrumentos de controle e previsão do crescimento da cidade, de modo a coordenar o desenvolvimento dos serviços e das obras públicas relacionadas aos sistemas de abastecimento de água, de esgoto sanitários, de drenagem urbana, etc. Segundo Gomes e Lima (1999), na ausência desses instrumentos, a provisão de infra-estrutura tornou-se extremamente complexa e onerosa, o que levou a uma constante busca por mecanismos que definissem diretrizes para orientação do desenvolvimento urbano e dos investimentos públicos.

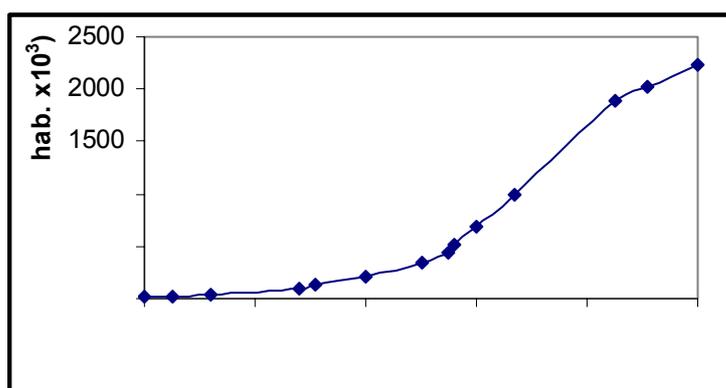


Figura 6.6 - Crescimento populacional de Belo Horizonte no século XX. Fonte: IBGE

As principais características do desenvolvimento urbano de Belo Horizonte encontram-se consolidadas na Tabela 6.6. Da criação da Comissão Técnica Consultiva da Cidade, em 1934, responsável pelo Plano de Urbanismo de Belo Horizonte (primeira proposta global, elaborada por L.C. Continentino, de revisão do plano original da Comissão Construtora), até

a do Serviço do Plano Diretor, em 1951, a grande questão foi a de encontrar mecanismos para subsidiar a definição de diretrizes para o desenvolvimento urbano e os investimentos públicos (Gomes e Lima, 1999; Leme, 1999). Apesar de não implantado, o Plano Diretor, concluído em 1961, serviu de referência para a legislação urbanística definida nas décadas seguintes, além de delinear a dimensão metropolitana de Belo Horizonte (Gomes e Lima, 1999).

Tabela 6.6 - Panorama histórico do desenvolvimento urbano de Belo Horizonte

Período	Principais características
1897-1920	✓ Período de ocupação da cidade, com alternância entre períodos de grande crise econômica e de desenvolvimento
1920-1940	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Modernidade e característica de metrópole com o abandono do perfil de cidade administrativa, o fortalecimento do centro urbano e o início da especulação imobiliária ✓ A grande questão é a normalização dos primeiros bairros que haviam se desenvolvido fora da área circunscrita pela Av. do Contorno e a articulação entre as duas partes da cidade
1950	<ul style="list-style-type: none"> ✓ O crescimento demográfico, a rápida expansão da periferia e o aumento da especulação imobiliária eram vistos como os principais problemas da cidade ✓ Intensifica-se o processo de verticalização do centro e a constituição de bairros periféricos é marcada pela carência de infra-estrutura ✓ A ocupação da Cidade Industrial, implantada na década anterior, impulsiona a expansão na direção oeste, marca da estrutura urbana da região metropolitana
1960	✓ Marcada pelo crescimento econômico, BH influi no crescimento das cidades vizinhas em um processo marcado pelo agravamento das desigualdades e problemas sociais e pelo surgimento de várias favelas, o que comprovou o desequilíbrio causado pela concentração de renda
1970	✓ Representa o momento de consolidação do processo de metropolização, patenteado pelo crescimento expressivo da área urbana, pela acentuação da interdependência administrativa entre os municípios e pelo estreitamento das relações cotidianas no espaço regional
1980	✓ O crescimento desordenado, a degradação ambiental e as desigualdades sociais, foram pouco a pouco, tornando-se críticos. Com o surgimento de uma nova mentalidade, as obras realizadas na cidade ganharam uma nova direção
1990-2000	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Representa para a região metropolitana um momento de ocupação e adensamento das áreas parceladas anteriormente ✓ Continuidade da valorização do espaço urbano: em 1990, a Lei Orgânica do Município foi aprovada, trazendo avanços em diversos setores sociais. Em 1996, o Plano Diretor de BH e a Lei de Uso e Ocupação do Solo passaram a regular e ordenar o crescimento da cidade

Fonte: FJP (1997), Gomes e Lima (1999), Leme (1999).

O planejamento em escala metropolitana ganhou peso na década de 1970, como pode ser observado na Tabela 6.6, com a consolidação do processo de metropolização. Nessa época, ocorreu também a encampação da autarquia municipal de abastecimento de água e esgotos sanitários, o DEMA, pelo órgão estadual responsável por esses serviços, a COMAG (em seguida COPASA - Companhia de Saneamento de Minas Gerais). No setor de saneamento, entretanto, não houve articulação entre a atuação da autarquia de

planejamento metropolitano, o PLAMBEL - Planejamento da Região Metropolitana de Belo Horizonte, e as ações do órgão estadual de saneamento, em função, principalmente, dos mecanismos de financiamento e dos arranjos institucionais definidos na época pelo PLANASA (Costa, 1992).

A década de 1970 explicitou, ainda, a desigualdade de atendimento por sistemas de saneamento. Em 1977, segundo a FJP (1997), enquanto na área central o atendimento oscilava de 99 a 100%, nas periferias mais afastadas o abastecimento de água ocorria em apenas 40% dos domicílios, a coleta de esgotos sanitários em 13% e a coleta de lixo em 16%. Essa diferença permanece até hoje, pois, segundo Delgado (1995), a forma de produção e distribuição da infra-estrutura urbana em Belo Horizonte privilegiou as regiões de mais alta renda, acentuando, dessa forma, as diferenças sociais existentes na cidade. A Figura 6.7 apresenta a configuração do município de Belo Horizonte, identificando os limites municipais e as nove regiões administrativas definidas pela prefeitura local.

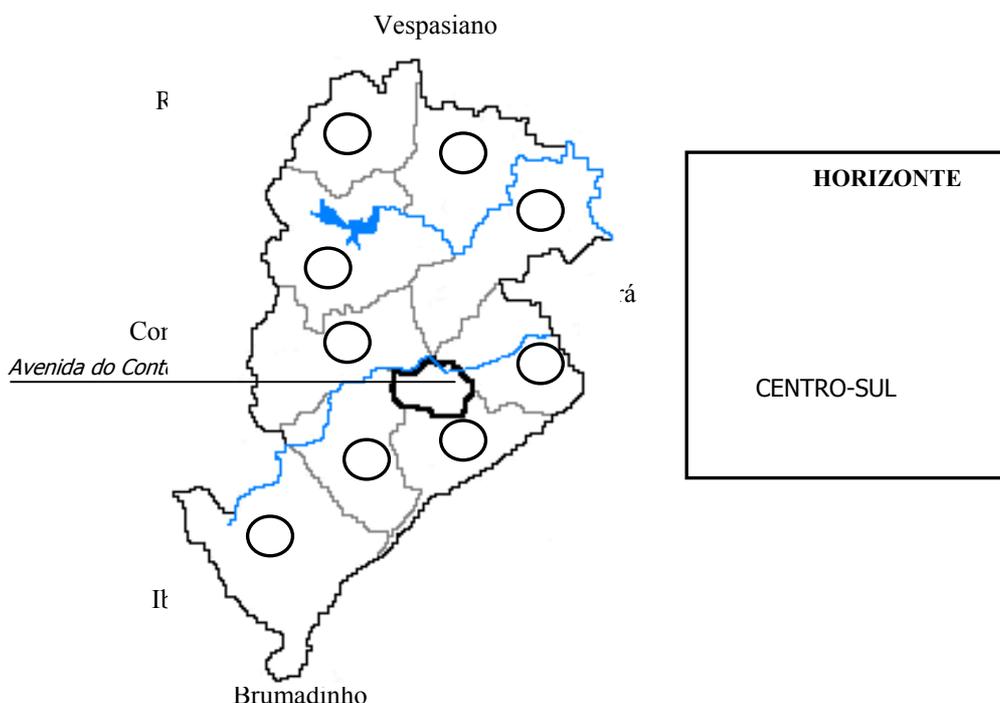


Figura 6.7 - Limites municipais e divisão administrativa de Belo Horizonte

Cada região administrativa possui diferentes padrões de desenvolvimento urbano, além de aspectos sócio-econômicos e potencial de crescimento próprios, como apresentado na Tabela 6.7. A partir da análise da Tabela 6.7, verifica-se que as classes sociais distribuem-se de forma desigual no espaço urbano de Belo Horizonte, com uma concentração de renda na região Centro-Sul, que contém o centro histórico e de negócios da cidade. Segundo Delgado (1995), a infra-estrutura de saúde, lazer, educação, etc., concentram-se em maior número nessa área, diferenciando-a das demais regiões do

município, cujo fenômeno é retratado por Villaça (2001) e apresentado na Figura 3.3 (Capítulo 3).

Tabela 6.7 - Regiões Administrativas de Belo Horizonte

RA	Principais características
Venda Nova	1. Região predominantemente ocupada por população de baixa renda
Norte	2. Espaço físico ambientalmente frágil, ocupado por população de baixa renda
Pampulha	3. Espaço de miscigenação social, com bairros de classe alta (projetados pelo Poder Público) e regiões de ocupação de população de baixa renda
Nordeste	4. Região de ocupação antiga, que se configura como um espaço de classe média
Noroeste	5. Região predominantemente ocupada por população de baixa renda
Leste	6. Uma das áreas mais antigas da cidade, é um espaço físico da classe média que oferece oportunidade à promoção social de seus moradores
Centro-Sul	7. Região que tem a maior renda média do município e atrai a maior parte dos investimentos em infra-estrutura, compreende o centro histórico e de negócios de Belo Horizonte
Oeste	8. Com a terceira maior renda familiar média de BH, nessa região destaca-se as disparidades sociais. Possui bairros de classe alta, semelhantes aos da Região Centro-Sul e a Segunda maior população de favelas da cidade
Barreiro	9. Região ocupada por população de baixa renda, em sua maioria operários ligados à Cidade Industrial de Contagem

Fonte: Delgado (1995); Villaça (1999)

No caso dos sistemas de saneamento, as regiões com predomínio de população de baixa renda (Venda Nova, Barreiro e Norte), grupo I, possuem menos acesso do que as regiões intermediárias (Leste, Nordeste, Noroeste), grupo II, e as regiões de classe média e alta (Centro-Sul, Oeste e Pampulha), grupo III, conforme dados da Tabela 6.8.

Tabela 6.8 - Nível de acesso aos serviços de saneamento por grupo de administrações regionais em Belo Horizonte

Grupo	Regiões	Renda Média Familiar (SM)	Nível de Atendimento (%)		
			Água	Esgotos	Lixo
I	Venda Nova, Barreiro e Norte	3,7-4,3	82-88	71-89	41-55
II	Leste, Nordeste, Noroeste	5,8-6,7	82-97	42-82	42-82
III	Centro-Sul, Oeste, Pampulha	7,5-14,7	92-99	75-93	68-82

Fonte: adaptado de Delgado (1995)

6.2.2 - Sistema de abastecimento de água de Belo Horizonte

O abastecimento de água de Belo Horizonte pode ser dividido em quatro fases: a) a primeira, até meados da década de 1930, em que os pequenos mananciais utilizados eram suficientes para o abastecimento da cidade; b) a segunda, nas décadas de 1950/1960, marcada pela crise no abastecimento de água; c) a terceira, a partir da implementação do sistema do rio das Velhas; e d) a quarta, mais recente, em que são utilizadas soluções integradas para o abastecimento de água da região metropolitana. A evolução do sistema

de abastecimento de água de Belo Horizonte encontra-se apresentada na Figura 6.8, que ilustra o crescimento da ocupação urbana e os diferentes pontos de captação e localização das estações de tratamento de água empregadas.

Em meados da década de 1930, acentuou-se em Belo Horizonte um forte descompasso entre o crescimento da população, e a conseqüente demanda por água, e a capacidade de produção dos sistemas instalados. As sucessivas captações em pequenos mananciais não eram capazes de resolver a situação, que se tornou especialmente crítica a partir do final da década de 1950. Mesmo o sistema de abastecimento de água da represa da Pampulha, projetado inicialmente como alternativa para aumentar a oferta de água para a cidade como um todo, implantado em 1941, não atenuou o problema, pois acabou servindo apenas ao bairro do mesmo nome (COPASA, 1977). Aliás, o investimento em uma região restrita e de elite (Pampulha), tornando-o símbolo de modernidade e arrojo, em detrimento de investimentos de maior alcance social, que propiciariam uma relativa homogeneização da infra-estrutura em saneamento em toda cidade, representou um caráter contraditório e, talvez, emblemático das opções do Poder Público (FJP, 1997).

A partir da década de 1950, o grave problema do abastecimento de água de Belo Horizonte foi parcialmente contornado com a utilização de diversos poços profundos, que só foram desativados com a implantação do sistema de abastecimento de água do rio das Velhas. Somente com o aporte significativo das águas desse manancial, tornou-se possível estabelecer um equilíbrio entre a oferta e a demanda de água em Belo Horizonte, embora uma parte da cidade, representada pelas favelas e diversos bairros periféricos, ainda permanecesse sem ligações às redes públicas de abastecimento. Com efeito, em 1972, antes da entrada em operação plena do sistema rio das Velhas, apenas 48,3% da população de Belo Horizonte era atendida pelos serviços de abastecimento de água. Com a utilização do rio das Velhas, a capacidade dos sistemas poderia atender cerca de 90% da população, entretanto, o sistema de distribuição de água atendeu somente 60% do total (COPASA, 1977).

Em 1979, apesar de já se esboçar a crise no padrão de financiamento do setor de saneamento, a COPASA e a Companhia de Saneamento do Estado de São Paulo (SABESP), em uma experiência inédita no país, passaram a ser mutuárias diretas do BIRD, ou seja, os empréstimos às duas companhias foram feitos sem a compatibilização dos recursos no caixa único do BNH. O empréstimo obtido pela COPASA visou à implantação do sistema de abastecimento de água Serra Azul, previsto no Plano Diretor de Abastecimento de Água do Aglomerado Metropolitano de Belo Horizonte. Inserido na bacia do rio Paraopeba, o sistema Serra Azul entrou em condições normais de operação em abril de 1984, produzindo 2.470 L/s (FJP, 1997).

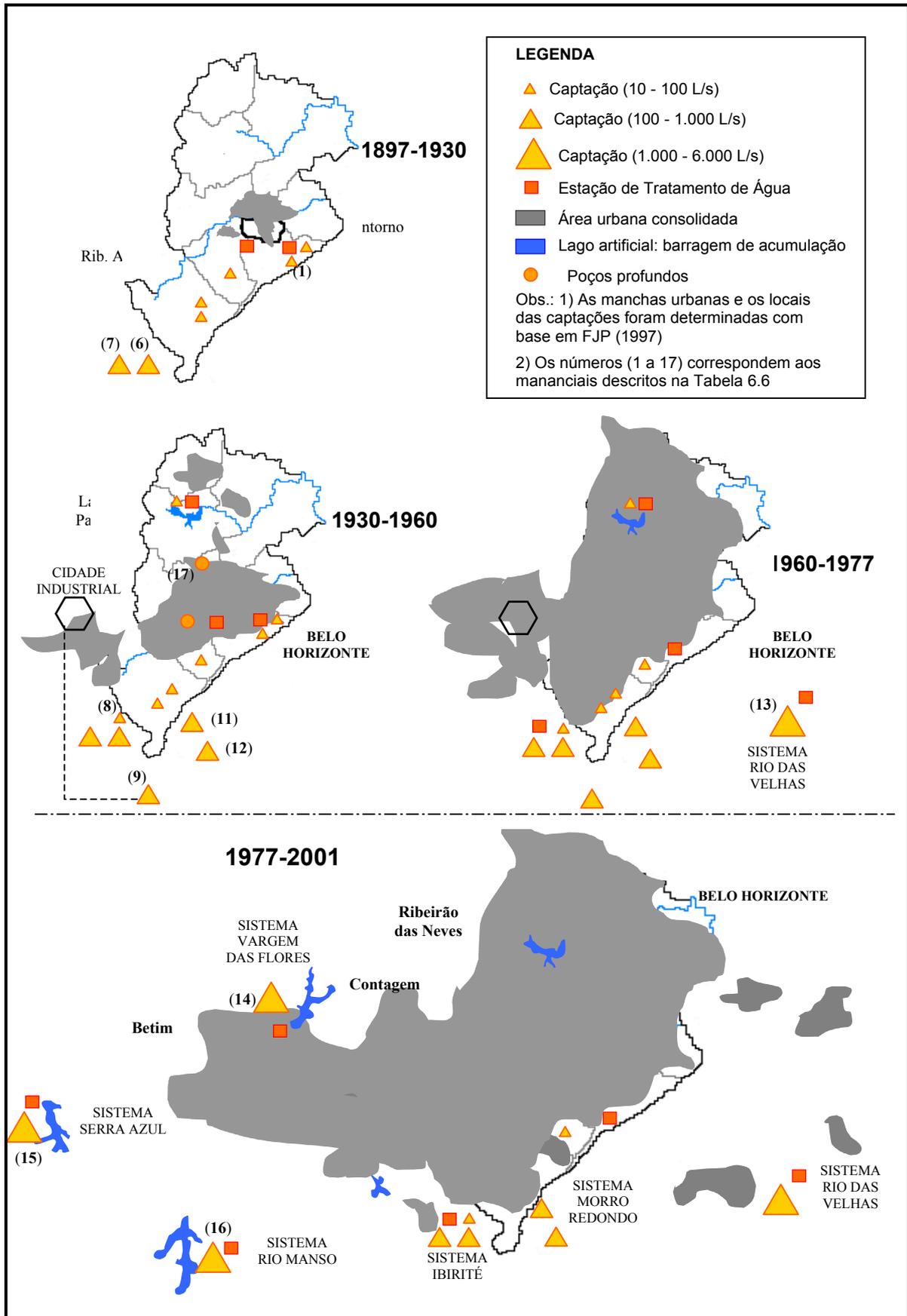


Figura 6.8 - Evolução histórica do sistema de produção de água de Belo Horizonte

Na Região Metropolitana de Belo Horizonte, a incorporação do sistema Vargem das Flores, iniciativa original do município de Contagem em funcionamento desde 1972, e a entrada em operação do Sistema Rio Manso, em 1991, completaram o quadro dos sistemas de produção de água tratada, que, atuando de forma integrada, abastecem o aglomerado metropolitano de Belo Horizonte, com uma vazão total de 13,44 m³/s (COPASA, 2001). As principais características dos sistemas de produção de água de Belo Horizonte encontram-se apresentadas na Tabela 6.9.

Tabela 6.9 - Sistemas de produção de água potável de Belo Horizonte

Sistema	Manancial*	Vazão (L/s)**	Tipo de tratamento	Observações
Serra/Mangabeiras	1. Serra	22	Filtros de pressão	Sistema desativado na década de 1960
	2. Mangabeiras			
Carangola (Barreiro)	3. Posse	164,4	Filtros rápidos de concreto armado	Sistema desativado na década de 1980/1990
	4. Clemente	-		
	5. Cercadinho **	80		
Ibirité	6. Rola Moça	100	Processo convencional	Inaugurado na década de 1920 como reforço para a região oeste de BH
	7. Taboões	250		
	8. Bálamo	50		
Catarina	9. Catarina	170	Desinfecção com cloro	Atende a Cidade Industrial
Pampulha	10. Lagoa da Pampulha	23,1	Processo convencional	Sistema desativado na década de 1970
Morro Redondo	11. Fechos	300	Processo convencional	Abastece a zona sul de BH e parte de Nova Lima
	12. Mutuca	200		
Rio das Velhas	13. Rio das Velhas	5.110	Processo convencional	Responsável por 43% da produção total da RMBH
Vargem das Flores	14. ribeirão Betim	1.120	Filtração direta descendente	Sistema Integrado *****
Serra Azul	15. Paraopeba	1.525	Filtração direta descendente	Sistema Integrado *****
Rio Manso	16. Rio Manso	2.930	Processo convencional*****	Sistema Integrado *****
	17. Poços profundos	200	-	Desativados: década de 1970

Obs.: Os números nas captações indicam sua localização na Figura 6.8.

* Todas as captações são em barragem de nível, exceto Rio das Velhas (barragem c/ duas alças de sedimentação) e Vargem das Flores, Serra Azul e Rio Manso (barragem de acumulação)

** Atualmente o córrego do Cercadinho faz parte do Sistema Morro Redondo

*** Vazão média explorada

**** As instalações da ETA incorporam uma Unidade de Tratamento de Resíduos destinada ao tratamento do lodo dos decantadores e da água utilizada na lavagem dos filtros

***** Compõe o Sistema Integrado da Bacia do Rio Paraopeba (Vargem das Flores, Serra Azul e Rio Manso)

Fonte: FJP (1997), COPASA (2001)

Do ponto de vista da preservação dos mananciais, o problema mais grave é o do sistema rio das Velhas (manancial 13, Tabela 6.9), uma vez que os demais sistemas, com exceção do sistema Vargem das Flores, se enquadram em uma filosofia de preservação ambiental das bacias hidrográficas. Segundo a FJP (1997), a inexistência de instrumentos normativos e de mecanismos de fiscalização torna vulnerável a preservação do rio das

Velhas, à medida em que surgem conflitos de uso decorrentes da localização de atividades que comprometem o padrão de qualidade das águas, principalmente atividades de mineração. Outro agravante é o fato de que grande parte da área da bacia de contribuição, cerca de 69,2%, está localizada nos municípios de Ouro Preto e Itabirito, externos à Região Metropolitana de Belo Horizonte e, portanto, fora do alcance de suas normas. Para outros seis sistemas de produção de água de Belo Horizonte (mananciais 9, 3-4, 6-7-8, 5-11-12, 15 e 16, Tabela 6.9), verifica-se que as áreas de proteção dos mananciais são diretamente proporcionais ao potencial de exploração (em L/s), como apresentado na Figura 6.9.

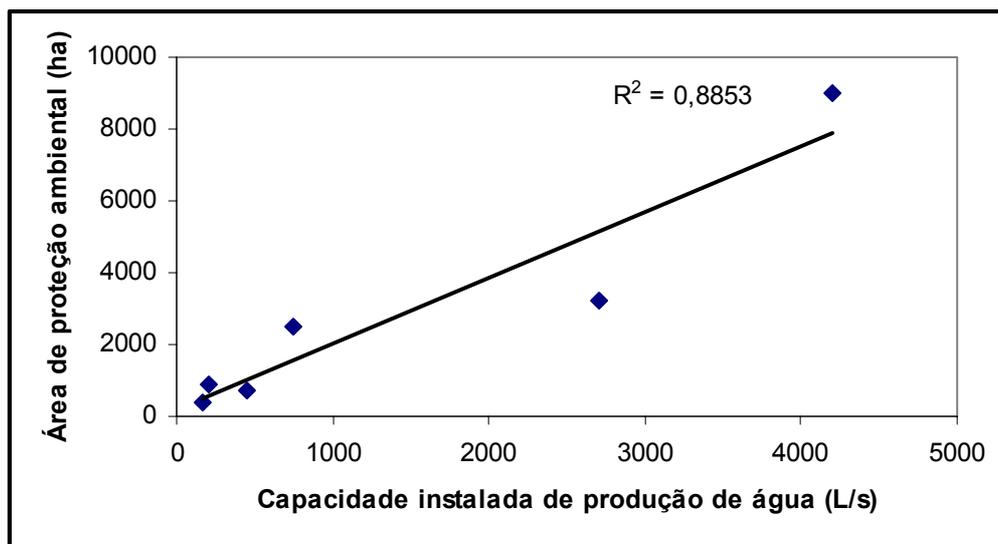


Figura 6.9 - Relação entre a capacidade instalada de produção de água (L/s) e a área de proteção ambiental de mananciais de Belo Horizonte. Fonte: COPASA (2001)

6.2.3 - Sistema de esgotos sanitários de Belo Horizonte

O primeiro projeto de sistema de esgotos sanitários em Belo Horizonte, na época de sua inauguração, previa a utilização do sistema de coleta unitário e o tratamento dos efluentes por meio de um processo de infiltração no solo. O tratamento dos esgotos não chegou a ser implantado, o que levou ao lançamento direto dos esgotos no ribeirão Arrudas e posteriormente também no ribeirão do Onça, em prática recorrente durante todo o século XX.

Com efeito, o Plano Diretor de Esgotos de 1971, por exemplo, aponta para o pequeno volume de investimentos no sistema de esgotos sanitários ao longo da história da cidade (DEMAE, 1971). Da rede então existente, 60% havia sido construída pela Comissão Construtora, quando da inauguração de Belo Horizonte. Somente no período de 1934-1936 foram executadas algumas modificações, destacando-se a alteração do sistema unitário para o sistema separador absoluto. Tanto o ribeirão Arrudas como o ribeirão do Onça, utilizados como emissários dos esgotos coletados, comprometeriam a qualidade das águas do rio das Velhas, do qual são afluentes.

Nesse Plano Diretor (DEMAE, 1971), além do projeto de ampliação do sistema de coleta e transporte de esgotos sanitários existente, são sugeridas duas estações de tratamento de esgotos, uma para a bacia do Arrudas e outra para a bacia Pampulha/Onça. As propostas do plano tiveram uma implementação bastante reduzida e, em face da priorização do sistema de abastecimento de água ao longo da década de 1970, as soluções do problema dos esgotos sanitários, particularmente a implantação das ETEs, foram postergadas.

Em 1974, o Plano Diretor de Esgotos foi reformulado, procurando ajustá-lo às novas necessidades e às possibilidades de sua viabilização. Com algumas alterações, é o plano que vigora até hoje e que, a partir daquele momento, estruturou todo o trabalho da COPASA no tocante aos sistemas de esgotos sanitários. No ano de 1975, os dados referentes à coleta de esgotos sanitários apontavam para um atendimento inferior a 50% da população residente na área urbana (FJP, 1997). Esse índice aumentou de forma gradativa nas décadas seguintes, atingindo 75% em 1985, 85% em 1995 e 90% no ano 2000.

Com relação as estações de tratamento de esgotos, só recentemente, com o Programa de Saneamento Ambiental das Bacias dos Ribeirões Arrudas e Onça na Região Metropolitana de Belo Horizonte (PROSAM-MG), implementado na década de 1990, deu-se início às obras da ETE Arrudas (com a primeira fase já concluída), com recursos próprios da COPASA e do Banco de Desenvolvimento de Minas Gerais - BDMG e da ETE do Onça (obras em andamento), em uma parceria com a iniciativa privada (ABES, 2001b).

A Tabela 6.10 mostra os principais dados de projeto das referidas ETEs, que têm a finalidade de tratar os esgotos domésticos e industriais gerados nos municípios de Belo Horizonte e Contagem.

Tabela 6.10 - Dados de projeto da ETE Arrudas e da ETE do Onça - Belo Horizonte

ETE	Etapa	Nível de Tratamento	Vazão (m ³ /s)	População atendida (hab.)	Área (ha)
ETE Arrudas	1 ^a	Primário	2,7	1.000.000	63,8
	2 ^a	Secundário	4,5	1.600.000	
ETE do Onça	1 ^a	Primário	2,6	1.000.000	55,0
	2 ^a	Secundário	3,6	1.800.000	

Fonte: COPASA

6.3 - ESTUDO DE CASO DE GOIÂNIA

Como as cidades de Brasília e Belo Horizonte, Goiânia também foi projetada como uma cidade nova, no caso para ser a capital do estado de Goiás. Fundada em 1933, o plano diretor original da cidade somente foi aprovado cinco anos depois. Segundo Martins Jr. (1996), a nova capital deveria cumprir um papel de concentração da produção regional. Para tanto, deveria estruturar melhor a administração pública e criar condições para a expansão sócio-econômica, o que requeria atributos de uma urbanização moderna e dinâmica.

Desse modo, para a nova capital, foi escolhido um local que apresentasse topografia regular e rede de drenagem adequada a um plano urbanístico moderno, de avenidas largas e de espaços funcionais com base em um rigoroso zoneamento (Cavalcanti, 2001). Segundo Leme (1999), o problema da topografia do terreno e das águas pluviais foi solucionado por meio da disposição das vias. As avenidas, por serem dotadas de infraestrutura seguiram a maior inclinação e as ruas secundárias, por não disporem de rede de drenagem, seguiriam a inclinação menos acentuada do terreno, evitando, assim, a erosão e as enchentes. Além da preocupação com a drenagem de águas pluviais, o plano urbano original de Goiânia continha elementos importantes de preservação ambiental, como os parques lineares, a proteção das nascentes e as reservas florestais (Neiva, 1996).

Embora planejada segundo uma lógica dominante do Estado brasileiro da época, já na década de 1940, Goiânia atingiu a população de 50.000 habitantes para a qual foi planejada e, após a construção de Brasília, apresentou um vertiginoso crescimento, como ilustrado na Figura 6.10. Com efeito, Goiânia possui, atualmente, uma população superior a um milhão de habitantes, com uma densidade demográfica de aproximadamente 1.100 hab/km² (Cavalcanti, 2001).

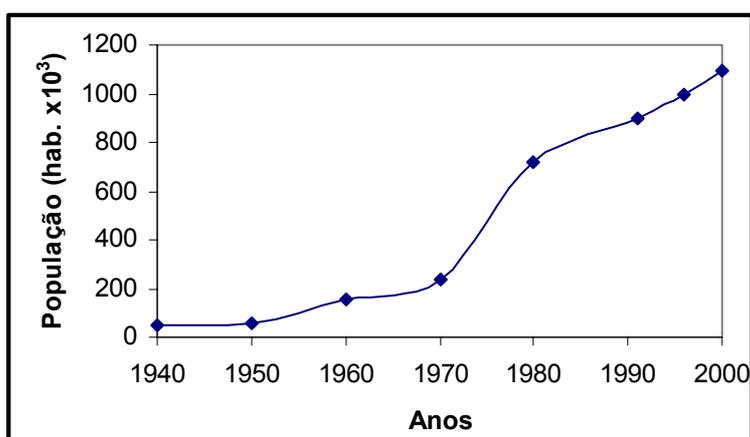


Figura 6.10 - Crescimento populacional de Goiânia: 1940-2000. Fonte: IBGE

6.3.1 - Desenvolvimento urbano de Goiânia

A Tabela 6.11 apresenta uma sistematização do desenvolvimento urbano de Goiânia, com ênfase nos instrumentos de planejamento e no parcelamento do solo urbano.

Tabela 6.11 - Panorama histórico do desenvolvimento urbano de Goiânia

Período	Principais características
1933-1950	<ul style="list-style-type: none">✓ Desenvolvimento da cidade em concordância com o projeto original, em função do acentuado controle do Estado na provisão da infra-estrutura urbana✓ Parcelamento do solo urbano e incremento da atividade comercial
1960	<ul style="list-style-type: none">✓ Preocupação da administração municipal em criar mecanismos de controle para o parcelamento do solo urbano✓ Elaboração do Plano de Desenvolvimento Integrado de Goiânia - PDIG
1970	<ul style="list-style-type: none">✓ Aprovação do PDIG, que se tornou um referencial importante no estabelecimento de estratégias e diretrizes de planejamento até meados da década de 1980✓ Opção nos municípios vizinhos de lotes menos onerosos, uma vez que não dispunham de uma legislação restritiva
1980	<ul style="list-style-type: none">✓ Início do processo de conurbação e de formação do Aglomerado Urbano de Goiânia
1990-2000	<ul style="list-style-type: none">✓ Consolidação do Aglomerado Urbano de Goiânia, culminando com a criação, em 1999, da Área Metropolitana de Goiânia✓ Reformulação do primeiro PDIG, procurando institucionalizar as questões ambientais e urbanas no âmbito municipal

Fonte: Arrais (2001), Rassi (1985) e Cavalcanti (2001).

Em um primeiro momento, com a transferência da capital para Goiânia, predominou a prática dos investimentos, concepção e planejamento realizados pelo Estado, que encerrava um forte espírito Público (Rassi, 1985). Segundo Bernardes (1998), nesse período, a ocupação do espaço não planejado em Goiânia ocorreu simultaneamente à construção dos primeiros edifícios. Apesar das preocupações com o planejamento regional, com a preservação ecológica e com o zoneamento, não foi reservado um espaço no plano original de Goiânia para aqueles que seriam seus primeiros moradores, justamente os que foram trabalhar na sua construção. Esse mesmo fato também foi observado em Brasília e Belo Horizonte e, de certa forma, desencadeou o processo de segregação espacial nas cidades.

A partir do final da década de 1940, o crescimento demográfico consolida Goiânia como entreposto comercial de apoio à Região Centro-Oeste. A organização do espaço urbano foi marcada pelo surgimento de grupos de interesse privado que assumiram a organização do território e o parcelamento intenso do solo, principalmente a partir da construção de Brasília (Rassi, 1985). Essa nova configuração não atendeu às demandas dos níveis de crescimento populacional e o lucro decorrente da atividade imobiliária passou a estabelecer novas regras para a ocupação urbana, que foram contrárias à preservação dos recursos naturais e inviabilizaram a infra-estrutura necessária para manutenção da qualidade de vida (Rassi, 1985; Cavalcanti, 2001).

Nas últimas décadas, a cidade de Goiânia e seu entorno têm sofrido alterações substantivas em seu espaço urbano, desde a verticalização de suas edificações até a expansão, o que resultou em alterações na distribuição espacial das atividades da cidade. De fato, segundo Cavalcanti (2001), é possível constatar que as atividades de comércio e serviços mais especializados e sofisticados tendem a se concentrar na região sul/sudeste da cidade, área essa que pode ser considerada como uma expansão do centro original.

A região sul/sudeste de Goiânia tem sido apontada como área de concentração das classes média e alta, configurando-se como zona nobre da cidade em contraste com a região noroeste, que concentra a população de baixa renda (Cavalcanti, 2001). Desse modo, apesar de não haver uma distinção formal, é bastante nítido em Goiânia a tendência de aglomeração de uma mesma classe em uma determinada região da cidade, caracterizando, como descrito por Villaça (2001), o padrão de segregação espacial e exclusão social das metrópoles brasileiras.

Como ocorrido nas demais cidades, a provisão do sistema de abastecimento de água e, principalmente, do sistema de esgotos sanitários seguiu a lógica estabelecida por essa estratificação social, de forma a atender, primeiramente, aos bairros onde a camada de renda mais alta da população estava concentrada. Segundo dados compilados por Rassi (1985), depois da área central, que foi a primeira a receber rede pública de coleta de esgotos sanitários, os setores sul e parte do oeste foram atendidos (período de 1955 a 1959). De forma um pouco mais ampliada, o mesmo ocorreu em relação ao sistema de abastecimento de água, atendendo somente à população que dispunha de recursos para o financiamento dos serviços. Essa situação foi atenuada, em parte, com a criação do PLANASA, apesar da ênfase dada ao sistema de abastecimento de água (ABES, 1983). Mesmo em meados da década de 1990, nas áreas de população de baixa renda constata-se, ainda, a utilização generalizada de cisternas (poços rasos que captam água de lençóis freáticos) como fonte para o abastecimento de água e de sistemas individuais de disposição final de esgotos, geralmente concebidos e construídos de forma inadequada pela população não servida pelos sistema de esgotos sanitários (SANEAGO, 1998).

Um dos resultados dessa diferença de provisão de sistemas de saneamento em Goiânia, foi verificada por Moraes Neto *et al.* (2001), ao identificarem, em uma análise espacial, os padrões de ocorrência da mortalidade infantil na cidade. Segundo Moraes Neto *et al.* (2001), ao se correlacionar o padrão espacial da mortalidade infantil com o processo de organização do espaço urbano de Goiânia, pode-se afirmar que as regiões que constituem a área de maior risco de mortalidade são de urbanização mais recente, surgidos a partir da década de 1970 e caracterizados pela proliferação de loteamentos irregulares, desprovidos de infra-estrutura básica e destinados à população de baixa renda.

Ainda como resultado do processo de urbanização, a extrapolação dos limites municipais levou à criação do Aglomerado Urbano de Goiânia, em 1980, e posteriormente à Área Metropolitana de Goiânia, oficializada pelo governo estadual em dezembro de 1999. A Área Metropolitana de Goiânia, representada na Figura 6.11, é formada pelas áreas urbanas, suburbanas e rurais do seguinte conjunto de municípios: Senador Canedo, Aparecida de Goiânia, Aragoiânia, Guapó, Hidrolândia, Goianópolis, Goianira, Bela Vista de Goiás, Nerópolis, Nova Fátima, Brazabrantes, Santo Antônio de Goiás e Trindade.



Figura 6.11 - Área metropolitana de Goiânia

6.3.2 - Sistema de abastecimento de água de Goiânia

Até 1950, o abastecimento de água de Goiânia esteve a cargo de uma repartição pública encarregada, de forma geral, por toda a infra-estrutura urbana, o Departamento de Viação e Obras Públicas - DVOP. Em 1950, foi criada a Divisão de Água e Esgotos de Goiânia - DAE, vinculada a uma secretaria sucessora do DVOP, porém ainda no âmbito municipal. A partir de 1960, a responsabilidade pelos sistemas de saneamento de Goiânia foi transferida ao estado de Goiás, com a transformação do DAE em autarquia, denominada de Departamento Estadual de Saneamento - DES (Rassi, 1985).

Quando o DES assumiu o abastecimento de água de Goiânia, haviam dois sistemas de produção que atendiam a cidade: o sistema do córrego Botafogo, com vazão de 40 L/s, e o sistema ribeirão João Leite, com vazão de 240 L/s. Em 1967, foi criada a Saneamento de Goiás S.A. - SANEAGO, empresa estatal concessionária dos serviços de abastecimento de água e de esgotos sanitários, iniciando suas atividades em 1969. Nessa época, o sistema do ribeirão Botafogo foi desativado em função de sua pequena capacidade de produção e,

principalmente, por ter sido envolvido pelo crescimento urbano da cidade. Entretanto, o sistema João Leite já produzia vazão da ordem de 700 L/s, aumentando para cerca de 2.000 L/s no início da década de 1980. A partir de 1985, a SANEAGO implantou o denominado Sistema rio Meia Ponte (capacidade instalada de 2.000 L/s), com suporte financeiro externo e da CEF/SFS e, ampliou, de forma considerável, o sistema de distribuição (SANEAGO, 2000). O atual sistema de produção de água de Goiânia encontra-se representado esquematicamente na Figura 6.12.

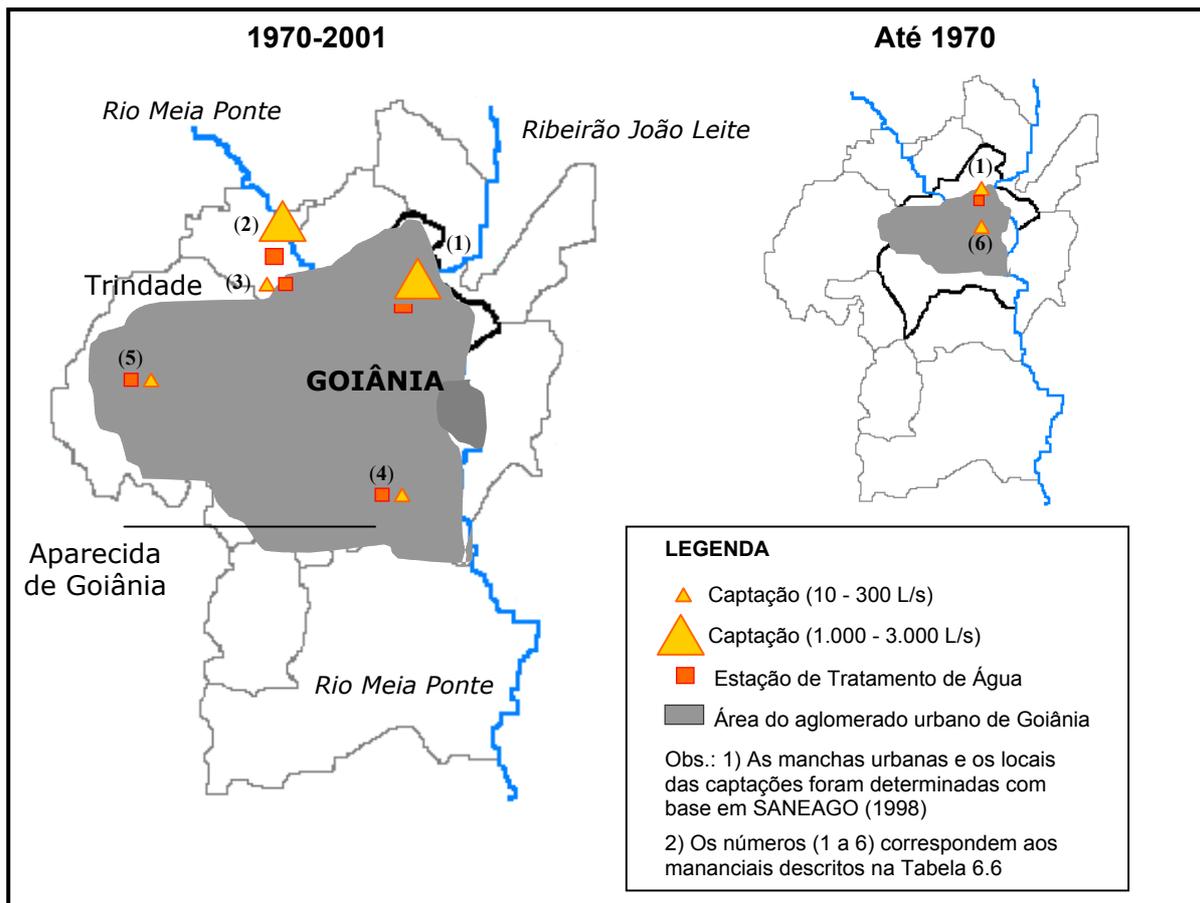


Figura 6.12 - Configuração atual do sistema de produção de água de Goiânia

Conforme pode ser observado na Figura 6.12, os mananciais superficiais explorados na região de Goiânia se limitam aos cursos d'água da bacia do rio Meia Ponte. Segundo informações da SANEAGO (SANEAGO, 2000), em razão das características hidrogeológicas do subsolo, o potencial do aquífero subterrâneo da região de Goiânia é insuficiente para o abastecimento público em larga escala, o que justifica, portanto, o seu aproveitamento apenas como fonte alternativa de pequenos consumidores. As principais características dos sistemas de produção de água da região de Goiânia estão sistematizadas na Tabela 6.12.

A análise da Tabela 6.12 permite inferir que os sistemas João Leite e Meia Ponte ainda são os dois principais sistemas de produção de água de Goiânia. Com efeito, os dois

sistemas formam um complexo integrado que, segundo as diretrizes do Plano Diretor de Água de Goiânia e Áreas Conurbadas (SANEAGO, 1998), deverá atender, futuramente, às áreas de influência dos sistemas Arrozal e Lages, cujos mananciais estão sofrendo processo de degradação. Ressalta-se, entretanto, que a própria captação do ribeirão João Leite enfrenta problemas, uma vez que essa se encontra inserida na área urbana de Goiânia e apresenta indicadores crescentes de degradação da qualidade das águas captadas (SANEAGO, 1998).

Tabela 6.12 - Sistemas de produção de água potável de Goiânia e áreas conurbadas

Sistema/Manancial*	Vazão (L/s)**	Tipo de tratamento	Observações
1. João Leite	1.600	Sistema convencional	Abastece as regiões central, sul e leste de Goiânia e parte de Aparecida de Goiânia
2. Meia Ponte	1.800	Sistema convencional	Abastece as partes norte e oeste de Goiânia e parte de Aparecida de Goiânia
3. Samambaia	24	Sistema convencional	Abastece o Campus Universitário da UFGO e parte do setor Itatiaia
4. Lages	40	Unidades compactas de dupla filtração	Abastece a sede de Aparecida de Goiânia
5. Arrozal	100	Unidades compactas de dupla filtração	Abastece Trindade
6. Botafogo	40	-	Sistema desativado

Obs.: Os números nas captações indicam sua localização no desenho esquemático da Figura 6.12

* Todas as captações são em barragem de nível

** Vazão média explorada

Fonte: SANEAGO (1998); SANEAGO (2000)

Além disso, segundo dados da SANEAGO (2000), as pressões sobre o rio Meia Ponte são ainda maiores que as do ribeirão João Leite, em função do intenso uso do solo, para a produção agrícola e pecuária, e da progressiva ocupação urbana à montante da captação, nas cidades de Itauçú, Inhumas, Brazabantes e Goianira, as duas últimas localizadas na Área Metropolitana de Goiânia (Figura 6.11).

Um outro ponto crítico da produção para o abastecimento de água de Goiânia e regiões adjacentes consiste no fato dos dois principais sistemas encontrarem-se na região norte, o que impõe ao abastecimento da conurbação Goiânia/Aparecida do Norte a dependência de uma série longa de estações elevatórias e adutoras que, somado a um complicado fator de ordem urbanística (o crescimento demográfico é intenso, porém com bairros esparsos em uma grande área) acarreta em um índice de cobertura de apenas 50%, enquanto que na região urbana de Goiânia, 90% dos domicílios têm acesso ao sistema de distribuição de água (SANEAGO, 2000).

6.3.3 - Sistema de esgotos sanitários de Goiânia

O sistema de esgotos sanitários de Goiânia, assim como o sistema de abastecimento de água, está a cargo da SANEAGO desde 1967 e, como nas demais cidades brasileiras, foi relegado a um segundo plano. Com efeito, desde a inauguração da cidade, até meados da década de 1980, muito pouco tinha sido investido em sistemas de esgotos sanitários. Em 1983, por exemplo, somente 34% da população urbana de Goiânia era atendida por esses sistemas. Desse esgoto coletado, menos de 7% recebia tratamento primário em duas ETEs que funcionavam precariamente e acabaram sendo desativadas (Rassi, 1985).

Atualmente, o sistema de coleta e transporte de esgotos sanitários atende a cerca de 80% da população urbana de Goiânia, sendo que boa parte dos interceptores existentes resultam de projetos elaborados a partir de 1983 (ABES, 1985) e 1992. Entretanto, os problemas referentes ao tratamento dos esgotos coletados continuam, pois a cidade dispõe apenas de três pequenas estações de tratamento de esgotos, responsáveis pelos mesmos 7% de tratamento verificados na década de 1980. A Tabela 6.13 descreve as principais características dessas três ETEs e, também, da ETE Anicuns, a qual ainda encontra-se em obras.

Tabela 6.13 - Sistemas de tratamento de esgotos sanitários de Goiânia

ETE	Vazão média	Início de operação	População atendida**	Processo de tratamento adotado
Aruanã/Riviera	30,0	1989	17.850	Lagoas aeradas facultativas
Parque Atheneu	55,0	1984/1994	39.000	Lagoa anaeróbia + lagoas facultativas
Cruzeiro do Sul	40,0	1988	18.000	Lagoas aeradas facultativas
Anicuns	2.560 3.660	Em obras	850.000 1.200.000	1ª etapa (2002): tratamento primário 2ª etapa (2005): lodos ativados

* Vazão média de projeto em L/s

** Estimativa de projeto

Fonte: SANEAGO (1998)

Embora existam interceptores de esgotos construídos ao longo dos principais cursos d'água urbanos, a inexistência de estações de tratamento de esgotos com capacidade para tratar o volume de esgotos produzido, como mostrado na Tabela 6.13, implica no lançamento dos efluentes coletados em determinados trechos desses mesmos cursos d'água, com sua conseqüente degradação. Assim, desde a criação de Goiânia, essa degradação tem ocorrido de forma crescente, nos ribeirões e córregos que cortam sua área urbana, como no próprio rio Meia Ponte, utilizado sistematicamente como corpo receptor dos esgotos da cidade. Atualmente, o rio Meia Ponte já chega à Goiânia transportando os

esgotos de Inhumas, tanto doméstico como industrial, e tem sua situação agravada ao receber o ribeirão Anicuns, que recebe a maior parte dos esgotos coletados em Goiânia e lançados sem qualquer tipo de tratamento (SANEAGO, 1998).

Desse modo, a ETE Anicuns representa o grande projeto na área de tratamento de esgotos de Goiânia, pois deverá elevar o índice de tratamento de esgotos coletados para cerca de 75%. De acordo com o Plano Diretor de Esgotos de Goiânia e Áreas Conurbadas (SANEAGO, 1998), a operação da ETE Anicuns visa não só melhorar a qualidade ambiental dos corpos receptores da região, mas, também, garantir o abastecimento de água da cidade, pois tem como objetivo a proteção das águas do ribeirão João Leite e rio Meia Ponte, principais mananciais utilizados para o abastecimento da cidade.

6.4 - ESTUDO DE CASO DE PORTO ALEGRE

Porto Alegre, localizada nas margens do Lago Guaíba, possui espaços de planície, estando circundada por 40 morros, que abrangem 65% da área do território, e por uma orla lacustre de 75 km. A bacia hidrográfica do Lago Guaíba, principal manancial para o abastecimento de água da cidade, tem 85.950 km² (equivalente a 30% da área do estado). As 16 ilhas sob a jurisdição de Porto Alegre, com aproximadamente 45.000 habitantes, compõem o município, fazendo parte do Parque Estadual Delta do Jacuí juntamente com as demais ilhas de municípios vizinhos (DMAE, 2001).

Como particularidades, Porto Alegre possui três características que, de certo modo, marcam o seu desenvolvimento urbano: a) uma tradição de planejamento; b) o caráter sempre municipal da prestação dos serviços, inclusive os de saneamento; e c) a crescente ênfase da participação popular no processo de desenvolvimento da cidade. Com efeito, a história mostra que Porto Alegre, como nenhuma outra grande cidade brasileira, privilegiou sempre a administração dos serviços na esfera municipal e, mesmo que de forma não muito sistemática, tem estruturado seu espaço urbano sob influência de sucessivas ações de planejamento desde o início do século XX (Salenque e Marques, 1993; Souza, 1999). Por outro lado, a participação popular no planejamento é mais recente, construída ao longo da década de 1980 e consolidada, em parte, com a implantação do orçamento participativo na gestão urbana (Souza, 2002).

Apesar dessas peculiaridades, Porto Alegre, assim como as demais metrópoles brasileiras, apresentou, como resultado do processo de urbanização, um vertiginoso crescimento na segunda metade do século XX, como pode ser observado na Figura 6.13.

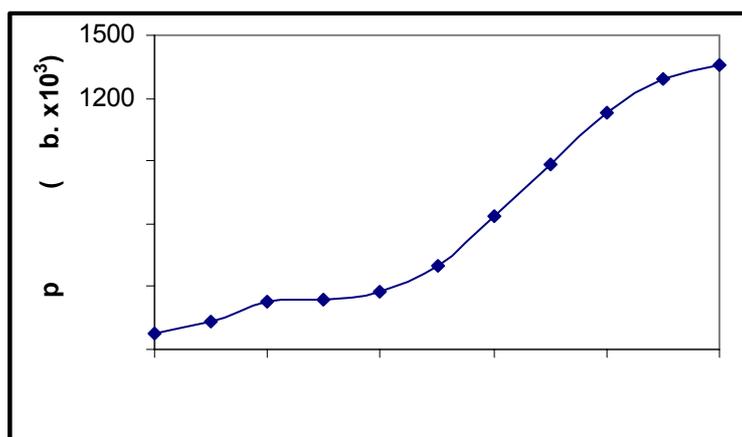


Figura 6.13 - Crescimento populacional de Porto Alegre no século XX. Fonte: IBGE

6.4.1 - Desenvolvimento urbano de Porto Alegre

De acordo com Souza e Müller (1997), a evolução urbana de Porto Alegre pode ser definida a partir de cinco períodos históricos, os quais representam determinadas correlações entre a população e as funções assumidas pela cidade no respectivo período, que podem ser traduzidas por fatores econômicos, socioculturais, político-institucionais, entre outros: a) 1680-1772, que assinalou a ocupação do território e a formação do povoado; b) 1772-1820, caracterizado pela exportação do trigo plantado na região pelos colonos açorianos e pela transferência da capital da Província, do município de Viamão para Porto Alegre; c) 1820-1890, marcado pela imigração alemã e italiana e pela consolidação das funções portuária, comercial, administrativa e militar; d) 1890-1945, caracterizado pelo contínuo desenvolvimento industrial decorrente, principalmente, do crescimento do comércio; e e) 1945 aos dias atuais, período em que a metropolização da região em torno de Porto Alegre pode ser identificada.

Confirmando a tradição em planejamento, desde o início do século XX, a administração municipal já se preocupava com o ordenamento do crescimento de Porto Alegre, como pode ser observado a seguir (Almeida, 1999; Hickel *et al.*, 1999):

- 1914: Plano de Melhoramentos de J. Moreira Maciel, que incluía três temas centrais para a época, saneamento, circulação e embelezamento;
- 1938/1943: Plano Diretor ou de Urbanização, que embora já destacasse a necessidade do "zoneamento" da cidade, resultou em uma proposta apenas viária;
- 1959: Plano Diretor; que foi inovador para a época, pois fixou as normas para a ocupação do espaço urbano em termos das seguintes funções: habitação, trabalho, lazer e circulação;
- 1979: Plano Diretor de Desenvolvimento Urbano, de caráter mais abrangente que o anterior, destaca-se pela preocupação com a preservação do ambiente natural;

- 1997/1999: Plano Diretor de Desenvolvimento Urbano e Ambiental.

O Plano de Melhoramentos foi executado na administração de Otávio Rocha (1924-1928), privilegiando os seguintes aspectos em termos de saneamento: a) a eliminação de construções insalubres e de focos infecciosos responsáveis pela disseminação de epidemias; e b) a implementação de redes de abastecimento de água e de redes unitárias de esgotos (Souza e Damasio, 1993). Nos dois planos seguintes, a concepção da estrutura física desvinculada da capacidade técnica e financeira do município, a carência de instrumentos básicos para o planejamento, entre outras razões, constituíram obstáculos à implantação do primeiro (1938-1943), enquanto os efeitos do segundo ficaram restritos às zonas centrais do município (Salenque e Marques, 1993).

No Plano Diretor de Desenvolvimento Urbano, de 1979, todo o conjunto de normas, até então esparsas no âmbito do município, foi consolidado em um único texto legal que, pela primeira vez abrangeu toda a área municipal. A cidade foi dividida em zona urbana, de uso intensivo e extensivo, e zona rural. Na zona urbana de uso intensivo, foram definidas unidades territoriais de planejamento, classificadas segundo tendências de uso e ocupação do solo. Proposto para ser o primeiro de uma série de planos, que seriam reavaliados a cada cinco anos, esse Plano Diretor sofreu apenas uma revisão parcial, em 1987, o que acabou gerando um distanciamento entre algumas de suas propostas e a evolução urbana da cidade (Souza, 1999).

O eixo orientador do novo Plano Diretor de Desenvolvimento Urbano e Ambiental, aprovado somente em 1999, teve como base a ampla participação comunitária e o estabelecimento de diretrizes e estratégias para o desenvolvimento do município, descritas a seguir (Jardim, 1997): a) estruturação urbana, que trata da forma como serão integrados os diferentes espaços existentes e futuros; b) mobilidade urbana, que visa planejar o sistema de transportes; c) uso do solo privado, que prevê as regras para as novas construções e tipos de parcelamento; d) qualificação ambiental; e) produção da cidade, que busca a geração de empregos; f) promoção da cidade; e g) sistema de planejamento, que busca dar dinamismo à gestão de Porto Alegre.

Segundo Hickel *et al.* (1999), como parte integrante desse plano diretor, o estudo da paisagem e das funções de certas áreas de Porto Alegre possibilitou identificar espaços urbanos específicos, que puderam ser divididos em dez zonas que compõem um modelo espacial para a cidade (Figura 6.14). Cada uma dessas zonas possui diferentes padrões de desenvolvimento urbano, espaços público de natureza e funções diversas, tipologias de edificações e estruturação viária distintas, além de aspectos sócio-econômicos, ambientais e potencial de crescimento próprios, como apresentado na Tabela 6.14.

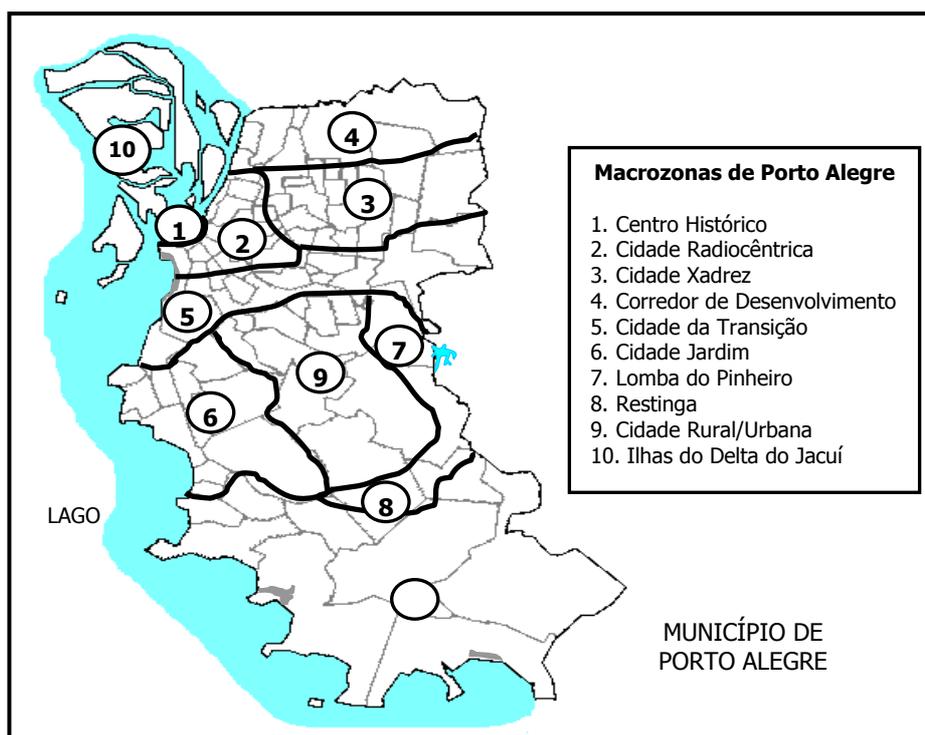


Figura 6.14 - Macrozonas urbanas de Porto Alegre

Tabela 6.14 - Espaços urbanos de Porto Alegre

Macrozona	Principais características
Centro Histórico	1. Sítio original
Cidade radiocêntrica	2. Região urbana consolidada de Porto Alegre, exibindo as mais altas densidades demográficas e as melhores condições de infra-estrutura
Cidade xadrez	3. Localizada ao sul do corredor de desenvolvimento, tem essa denominação devido a sua malha viária principal com padrão ortogonal. Representa a expansão da urbanização do município no setor leste, com predomínio de ocupação de população de baixa renda
Corredor de desenvolvimento	4. Situa-se ao norte de Porto Alegre, cuja área apresenta potencialidade de transformar-se em polo de interesse econômico metropolitano em decorrência de sua localização estratégica e facilidade de acesso
Cidade da transição	5. Representa uma interface onde a ocupação urbana mais consolidada da cidade radiocêntrica muda para uma urbanização mais rarefeita no topo dos morro
Cidade Jardim	6. Situada na parte sudoeste do Lago Guaíba, desenvolveu-se integrada à paisagem natural, com o predomínio do uso residencial (classe média) e intensa arborização
Lomba do Pinheiro/Restinga	7. No limite leste do município, caracteriza-se pelo grande número de vilas populares
Restinga	8. Núcleo urbano implantado na década de 1960 por meio de um projeto público para abrigar população de baixa renda
Cidade rural/urbana	9. Estende-se por uma grande área ao sul de Porto Alegre e possui uma ocupação rarefeita, mesclando-se, em diferentes graus, as atividades rurais e urbanas
Ilhas do Delta do Jacuí	10. Localizado na região norte do Lago Guaíba, o arquipélago do Delta do Jacuí é uma importante área de preservação ambiental do RS

Fonte: Hickel *et al.* (1999); Jardim (1997)

A identificação de diferentes padrões urbanísticos em Porto Alegre, como mostram a Figura 6.14 e as descrições da Tabela 6.14 também foram identificados historicamente por Andrade (1993) e reforçam a tese de Villaça (2001) apresentada no Capítulo 3, em que os setores das camadas de alta renda, segundo o modelo espacial de Hoyt (1959), localizam-se em somente uma região geral da cidade, geralmente privilegiada em termos de infraestrutura urbana.

Segundo Almeida (1999), a cidade de Porto Alegre permite, ainda hoje, identificar muitos fragmentos de suas estruturas morfológicas idealizadas pelos planejadores em cada época. Entretanto, a esta cidade formal associam-se os espaços da cidade informal com a proliferação de habitações de baixa renda, ocupada pela população que não se capacitou a pagar pelos custos da urbanização e cuja imagem não corresponde à nenhuma regra urbanística que os planos preconizaram.

No âmbito das ações de saneamento, com exceção do primeiro plano de Moreira Maciel, em 1914, apenas a partir da década de 1990, parece haver uma tentativa de reintegração de seus conceitos, principalmente referentes à preservação ambiental, nas diretrizes de planejamento urbano. A Lei Orgânica de Porto Alegre, promulgada em 1990, definiu que o município deveria iniciar a elaboração de seus planos diretores de saneamento básico e de proteção ambiental, o que resultou na elaboração de um documento amplo denominado de Plano Diretor de Meio Ambiente e Saneamento, cujas diretrizes foram concluídas em 1992, e que deveriam ser utilizadas no Plano Diretor de Desenvolvimento Urbano e Ambiental (Jardim, 1997).

Nesse contexto, a partir de 1995, em paralelo ao desenvolvimento do Plano Diretor de Desenvolvimento Urbano e Ambiental, deu-se início à elaboração do Plano Diretor de Esgotos, concluído em 1999 (DMAE, 1999). Esse Plano fornece os subsídios para o equacionamento da questão do tratamento de esgotos sanitários em Porto Alegre, atualmente a principal pendência em termos de saneamento.

6.4.2 - Sistema de abastecimento de água de Porto Alegre

As primeiras informações sobre o abastecimento de água de Porto Alegre remontam 1779, ano em que foi aprovada a construção de duas fontes públicas, que captavam água diretamente nas margens do Lago Guaíba. A quantidade de água disponível nunca foi o problema: os 940 milhões de m³ do Lago Guaíba, um dos maiores mananciais de água doce do país, são capazes de abastecer várias cidades do tamanho de Porto Alegre. Entretanto, desde essa época, a qualidade e as condições da água captada já preocupavam as autoridades municipais (Ilha e Wolff, 2001).

Em 1861, a *Companhia Hidráulica Porto-alegrense*, que funcionou até 1944, assinou contrato para a exploração dos serviços de abastecimento de água da cidade. Em paralelo, começou a funcionar a *Companhia Hidráulica Guaybense*, fornecendo água para os bairros que ainda não eram beneficiados. Entretanto, epidemias de cólera, em 1857 e 1876, levaram as autoridades a adotarem as primeiras medidas para a implantação de um serviço de saneamento público. Em 1904, a intendência municipal encampou a *Companhia Hidráulica Guaybense*, que passou a chamar-se Seção de Abastecimento Municipal, recebendo, posteriormente, outras denominações (Bendati *et al.*, 1999a). A evolução do sistema de abastecimento de água de Porto Alegre, sob a administração municipal, pode ser vislumbrada a partir da Figura 6.15, que apresenta os locais de captação e as respectivas estações de tratamento de água em três diferentes períodos.

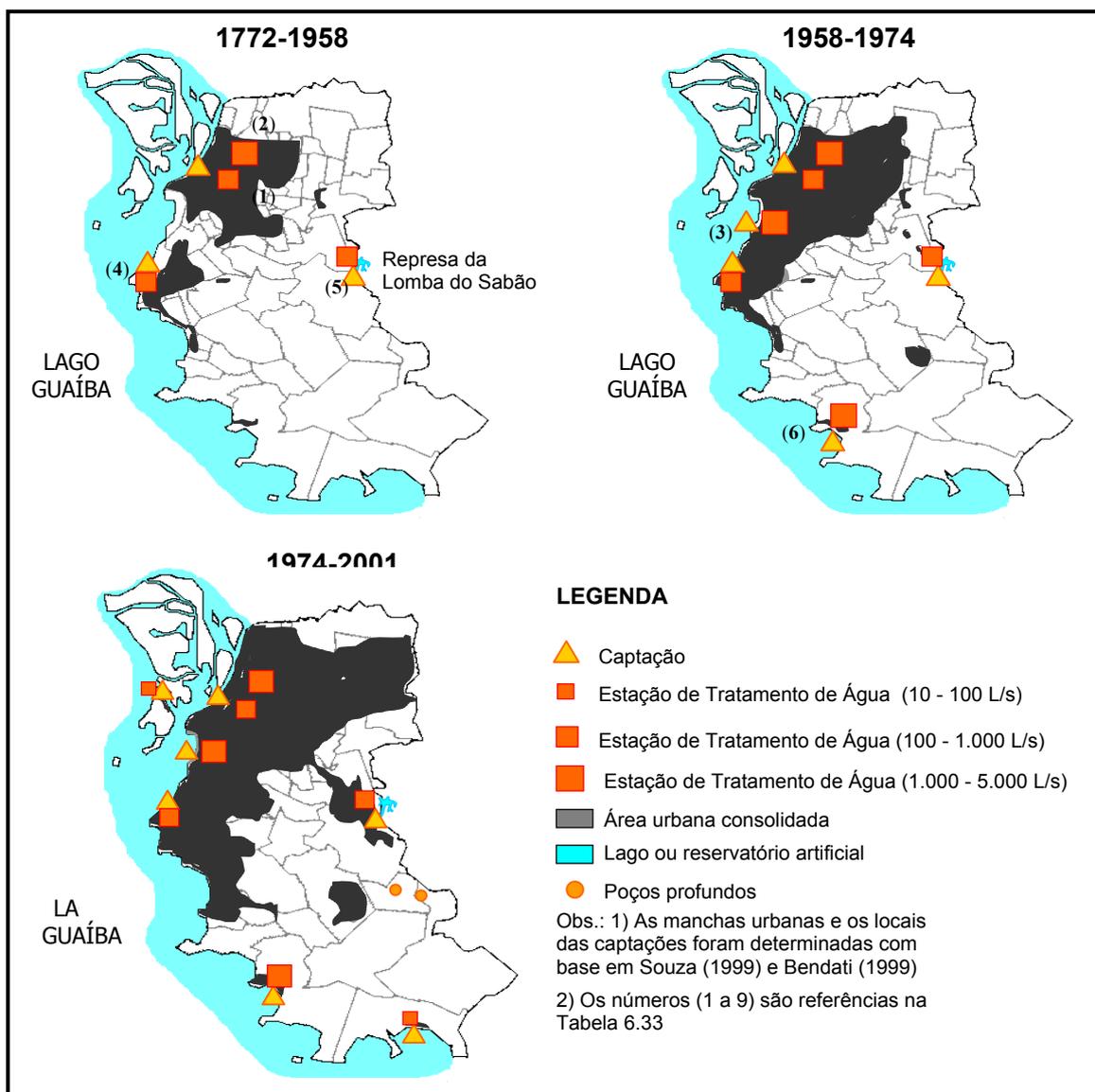


Figura 6.15 - Evolução histórica do sistema de produção de água de Porto Alegre

Na análise da Figura 6.15, observa-se que, em todos os períodos, o Lago Guaíba consistiu no principal manancial para o abastecimento de água de Porto Alegre, sendo, atualmente, utilizado para o abastecimento de cerca de 96% da população da cidade (Tabela 6.15). O reservatório da Lomba do Sabão, por sua vez, originado por volta de 1942, foi um importante manancial de abastecimento nas décadas de 1950 e 1960, época de sobrecarga do sistema de abastecimento de água devido ao acelerado desenvolvimento da cidade (Figura 6.13). Com a ampliação do sistema, nas décadas subsequentes, o reservatório da Lomba do Sabão adquiriu uma importância estratégica para o suprimento de água pois, em sendo a única captação de água que não provém do Lago Guaíba, garante a continuidade do abastecimento caso ocorram eventuais problemas de contaminação do lago (Bendati *et al.*, 1999a).

Tabela 6.15 - Sistema de produção de água potável de Porto Alegre

Sistema	Manancial	Capacidade Nominal (L/s)*	População abastecida (%)**	Tipo de tratamento
1. Moinhos de Vento	Lago Guaíba	900	25,0	Processo convencional
2. São João	Lago Guaíba	4.000	30,0	Processo convencional
3. Menino Deus	Lago Guaíba	2.000	33,0	Processo convencional
4. Tristeza	Lago Guaíba	200	3,5	Processo convencional
5. Lomba do Sabão	Lomba do Sabão***	200	4,0	Processo convencional
6. Belém Novo	Lago Guaíba	1.000	4,0	Processo convencional
7. Ilha da Pintada	rio Jacuí	22	0,34	Processo convencional
8. Lami	Lago Guaíba	20	0,11	Processo convencional
9. Pitinga	Poços profundos	3	0,04	Desinfecção simples
10. Quirinas	Poços profundos	4	0,01	Desinfecção simples

Obs.: os números nas captações indicam sua localização no desenho esquemático da Figura 6.15

* A capacidade nominal se refere à Estação de Tratamento de Água

** Representa a % da água consumida em Porto Alegre tratada e distribuída pelo sistema

*** Reservatório da Lomba do Sabão: lago artificial de 69 ha.

Fonte: Bendati *et al.* (1999a); DMAE (1992).

Em várias cidades brasileiras, as décadas de 1950 e 1960 consistiram em um período crítico para o abastecimento de água, em função do processo de urbanização e do rápido crescimento das cidades. Nessa época, o município de Porto Alegre investiu em várias obras para o abastecimento de água, concentrando-as em uma única operação de fornecimento, o que culminou com a criação do Departamento Municipal de Águas e Esgotos - DMAE, em 1961. A gestão desse sistema permitiu ao abastecimento de água acompanhar as necessidades da população, entretanto, com a necessidade cada vez maior de investimentos, fez-se necessária a utilização de recursos externos. Com recursos do

Banco Interamericano de Desenvolvimento - BID, obtidos em um empréstimo à Prefeitura de Porto Alegre, foi possível ampliar e modernizar o sistema de abastecimento de água, com o projeto e execução, por exemplo, da ETA Menino de Deus, inaugurada em 1968.

A década de 1970 significou o maior desenvolvimento do sistema de abastecimento de água, em consonância com os investimentos ocorridos em diversas partes do país: já em 1981, 98% da população de Porto Alegre era abastecida pelo sistema do DMAE. A partir dessa data, como pode ser observado na Figura 6.15, foram realizados mais trabalhos de ampliação e recuperação dos sistemas, do que de instalação de novas captações e ETAs, como, por exemplo, a execução da estação elevatória de água bruta do Sistema São João, projetada, em meados da década de 1990, para ser custeada totalmente com recursos da tarifa. No que se refere ao planejamento do sistema de abastecimento de água, o Plano Diretor de Abastecimento de Água de Porto Alegre de 1980/1981 foi revisto em 1993, avaliando-se o crescimento populacional e as demandas para os 20 anos seguintes. Segundo informações do DMAE (2001), a partir de 2002 esse plano será novamente reavaliado.

6.4.3 - Sistema de esgotos sanitários de Porto Alegre

Os investimentos no sistema de esgotos sanitários não obedeceram ao mesmo ritmo empregado para o equacionamento do abastecimento de água de Porto Alegre, apesar da preocupação quanto à qualidade das águas do Lago Guaíba ser bem antiga. De fato, os estudos para a implantação de um sistema de esgotos sanitários começaram em 1894, porém as primeiras redes coletoras só foram inauguradas em 1912 (DMAE, 2001). Mesmo com a elaboração do primeiro Plano Diretor de Esgotos Sanitários do Município de Porto Alegre, no início da década de 1960, e do Plano Integrado de Esgotos Cloacais da Cidade de Porto Alegre, no ano de 1973, ainda em 1975, segundo Töpfer (1978), não se podia atestar a existência de um sistema de esgotos sanitários na cidade, pois a coleta e a disposição dos efluentes resultavam de ações desordenadas e independentes de qualquer planejamento. O descompasso com o sistema de abastecimento de água também era evidente: em 1975, 91,3% da população já tinha acesso ao sistema de abastecimento de água enquanto que apenas 41,4 % da população contava com rede coletora de esgotos.

Em 1980, entra em vigor o Plano Integrado dos Esgotos Sanitários em Porto Alegre, consistindo em uma atualização e reavaliação do plano anterior. Entretanto, até o final da década de 1980, Porto Alegre coletava os esgotos sanitários de cerca de 50% da população e contava com apenas cinco pequenas estações de tratamento de esgotos, perfazendo um índice de tratamento inferior a 2%, embora existissem estudos para a zona norte e região central da cidade (DMAE, 1999). Essa situação foi, em parte, revertida na década de 1990,

como pode ser observado na Figura 6.16, que apresenta a localização das estações de tratamento de esgotos e pontos de lançamento dos efluentes coletados.

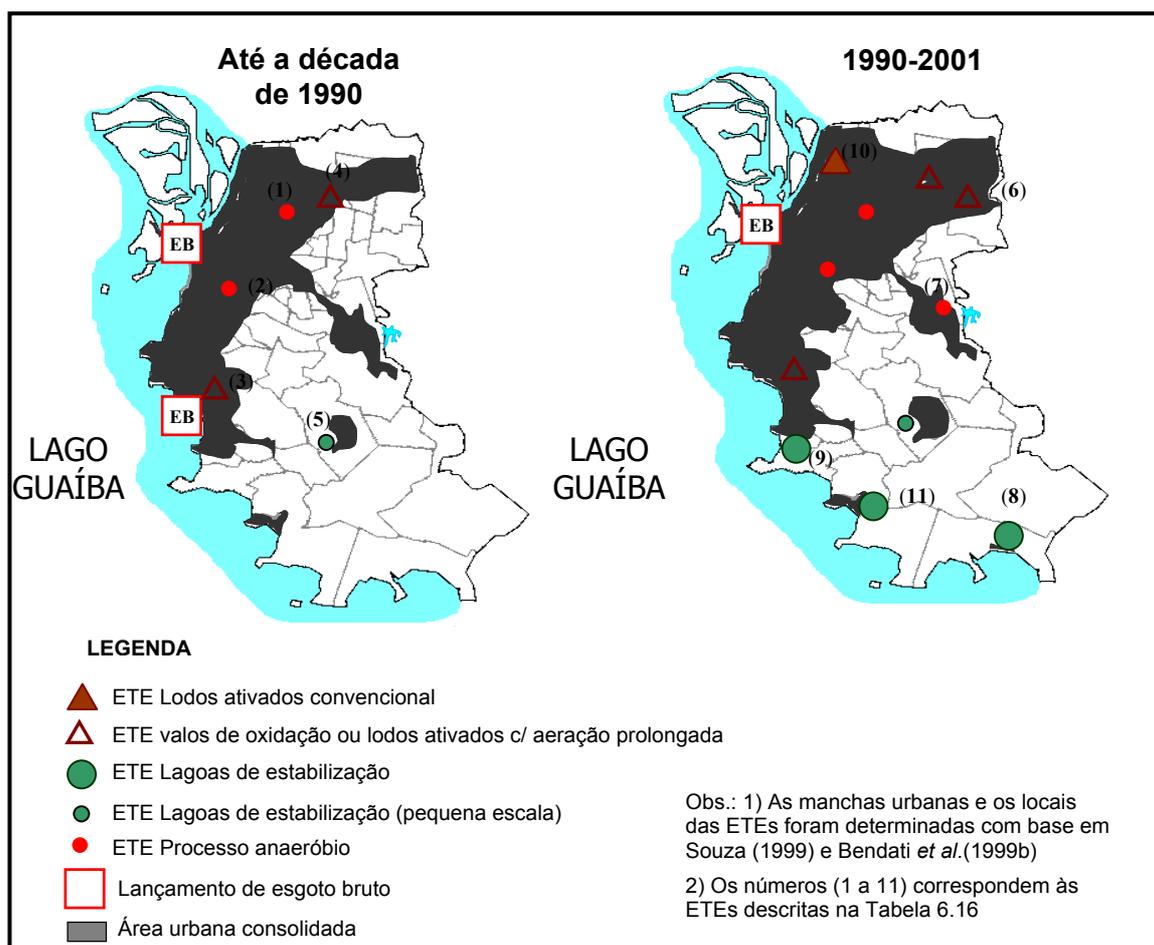


Figura 6.16 - Evolução histórica do sistema de tratamento de esgotos de Porto Alegre

A partir da década de 1990, com verba de recursos próprios financiados pela tarifa (Ilha e Wolff, 2001), o DMAE retomou as obras do sistema de esgotos sanitários de Porto Alegre. Entre 1990 e 1992, por exemplo, em parceria com o Programa Guaíba Vive, da Prefeitura, e endossado pelo Orçamento Participativo, foi implementado o sistema de esgotos sanitários do Balneário Lami, inclusive com uma ETE (a ETE Lami foi a primeira grande estação de tratamento de esgotos de Porto Alegre que adotou o sistema de lagoas de estabilização), o que garantiu a balneabilidade da praia local. No trabalho de recuperação da qualidade das águas do Lago Guaíba, as três maiores estações de tratamento de esgotos de Porto Alegre foram implementadas, ETE Ipanema, ETE Belém Novo e ETE São João/Navegantes, que representa a maior obra realizada pelo DMAE nos últimos 20 anos. A Tabela 6.16 apresenta uma síntese das ETEs de Porto Alegre.

Tabela 6.16 - Sistemas de tratamento de esgotos sanitários de Porto Alegre

ETE	média (L/s)*	operação	Processo de tratamento adotado
1. IAPI	23,8	1950	Tanque Imhoff seguido de filtro biológico
2. IAPC	16,0	1950	Tanque Imhoff seguido de filtro biológico
3. Cavalhada	16,5	1984	Lodos ativados com aeração prolongada
4. Parque do Arvoredo	16,3	1985	Lodos ativados com aeração prolongada
5. Nova Restinga	4,0	1986	Lagoas de estabilização**
6. Rubem Berta	38,0	1992	Valos de oxidação
7. Vila Esmeralda	5,8	1992	Reator UASB + aerador em cascata
8. Lami	30,0	1992	Lagoas de estabilização***
9. Ipanema	246,0	1996	Lagoas de estabilização***
10. São João/Navegantes	444,0	2001	Lodos ativados convencional
11. Belém Novo	57,0	2001/2002	Lagoas de estabilização***

Obs.: Os números nas ETEs indicam sua localização na Figura 6.16

* Vazão média de projeto em L/s

** Dois processos operam simultaneamente na ETE: 1. Lagoa anaeróbia + lagoa facultativa + lagoa de maturação e 2. Lagoas c/ plantas macrófitas

*** Séries de Lagoa anaeróbia + lagoa facultativa + lagoa de maturação

Fonte: Bendati *et al.* (1999b); DMAE (1999)

Atualmente, Porto Alegre possui cerca de 84% dos esgotos coletados, com a particularidade de que uma parte considerável da rede (compreendendo, aproximadamente, 1/4 das ligações à rede coletora) ainda é do tipo combinado (esgotos sanitários + parcela de águas pluviais). A grande parcela dos esgotos produzidos que ainda não recebem tratamento são lançados no Lago Guaíba, após percorrer canais, arroios e rede de drenagem ou, principalmente, por meio do emissário subfluvial da Ponta da Cadeia (DMAE, 1999; DMAE, 2001).

6.5 - ESTUDO DE CASO DE RECIFE

Inicialmente ligado à Olinda pela sua função de porto sede da Capitania, a história de Recife relaciona-se às alternâncias de comando político-administrativo, ora em Olinda, ora em Recife, até que esta se firma como o centro político e econômico da região, em meados do século XIX (Costa, 1982). Nessa época, a população de Recife cresceu de forma acentuada, pois os 18.000 habitantes em 1782, passaram para 70.000 em 1850, ocupando os mangues e com aterros margeando o rio Capibaribe (PCR, 1998).

No início do século XX, a industrialização de Recife não consegue firmar-se com posição de destaque no cenário nacional. Após as mudanças políticas e econômicas ocorridas no Brasil em 1930, esse aspecto é agravado pela decisão governamental de concentrar investimentos no eixo Rio-São Paulo, o que determinou e fortaleceu o processo de diferenciação entre as regiões do país (Costa, 1982). Com efeito, mais do que o desenvolvimento econômico de Recife, a falta de desenvolvimento em toda área sócio-econômica em que a cidade se localiza foi responsável pelo crescimento populacional (Singer, 1968). Esse crescimento de Recife, no decorrer do século XX, encontra-se apresentado na Figura 6.17, em um processo de ocupação do espaço urbano marcado pelo contraste entre o crescimento demográfico e econômico e a deterioração das condições sociais, ecológicas e sanitárias da cidade (Vasconcelos, 1998).

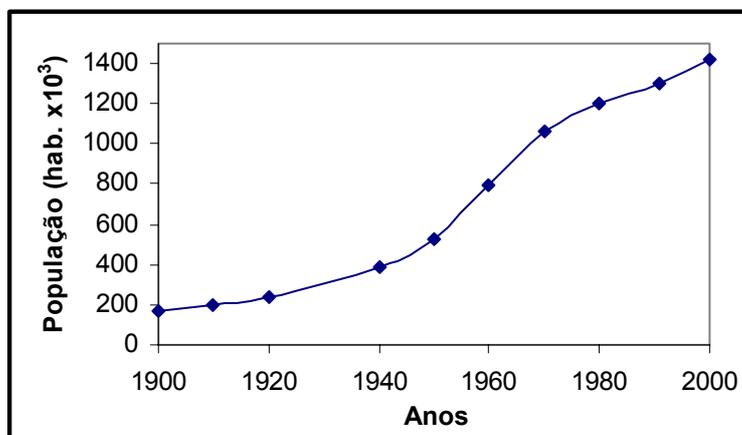


Figura 6.17 - Crescimento populacional de Recife no século XX. Fonte: IBGE

De fato, com uma área de 220 km², predominantemente plana, cortada por 7 canais e 5 rios, com lençol freático alto e com alguns pontos abaixo do nível do mar, Recife padece, pela precariedade dos serviços de saneamento existentes e como nenhuma outra capital brasileira, as conseqüências da poluição dos seus recursos hídricos, com significativas restrições à atividade econômica, sobretudo no setor turístico, além do agravamento do quadro de saúde e bem-estar da população (PCR, 1998).

6.5.1 - Desenvolvimento urbano de Recife

Apesar da modernização da cidade de Recife remontar ao século XIX, entende-se como o primeiro conjunto significativo de intervenções urbanas em Recife o amplo programa de obras e planos que procuraram sanear a cidade no período de 1909 a 1915 (Moreira, 1999; Pontual, 2000). Após essa fase, o desenvolvimento urbano de Recife é marcado por diversas intervenções, planos e orientações teóricas, que encontram-se sistematizados na Tabela 6.17.

Tabela 6.17 - Panorama histórico do desenvolvimento urbano de Recife no século XX

Período	Principais características
1900-1920	✓ Período marcado pelo Plano de Saneamento do Recife, de F. Saturnino de Brito (1909-1915)
1920	✓ Grande expansão urbana, embora obedecendo as premissas urbanísticas do período anterior
1930-1940	✓ Período marcado por uma intensa discussão que incorporou os temas do urbanismo moderno e gerou diversos planos urbanísticos que definiram as principais vias de circulação da cidade ✓ Início de um processo de ocupação, em grande parte por construções precárias, de espaços inadequados, como os alagados e os mangues
1950-1960	✓ Período marcado pelo pensamento regional e pelo abandono da forma de intervenção no centro tradicional ✓ Recife começa a assumir o papel atual de metrópole regional
1970	✓ Metrópole formada por um núcleo compacto acrescido de áreas de municípios vizinhos, constituindo-se uma grande área de conurbação, que expande-se por eixos viários de integração da região e pelo litoral ✓ Instituição legal da Região Metropolitana do Recife
1980	✓ Reformulação da perspectiva regional de planejamento da década de 1970, com ênfase na revitalização urbana de alguns bairros da cidade ✓ Criação das ZEIS, Zonas Especiais de Interesse Social
1990-2000	✓ Os problemas sociais persistem, com assentamentos de população de baixa renda ocupando as áreas alagáveis em todos os bairros da cidade ✓ Inclusão das ZEIS na nova Lei de Uso e Ocupação do Solo

Fonte: Moreira (1999), Pontual (2000), Rezende e Marinho (1995), Vasconcelos (1998)

No início do século XX, Recife era considerada como a capital com maior índice de mortalidade no Brasil e foco de uma série de epidemias, conseqüências de suas precárias condições sanitárias (Costa e Pontes, 2000). Assim, tanto do ponto de vista da saúde pública, como para não se tornarem um elemento impeditivo para o seu desenvolvimento, a solução para os problemas de saneamento da cidade era de fundamental importância (Vasconcelos, 1998).

Nesse contexto, em 1909, Saturnino de Brito foi contratado para desenvolver o projeto dos sistemas de saneamento da cidade, em um trabalho que se caracterizou pelos seguintes aspectos (Costa, 1994; Costa e Pontes, 2000): a) a continuidade, uma vez que atravessou três governos estaduais (1909-1915), fato inusitado na história administrativa do

Brasil; b) a visão higienista, em que os planos urbanísticos deveriam ser estreitamente relacionados às exigências sanitárias, que subordinariam a circulação e a estética urbana; c) a mudança na orientação do uso da tecnologia em sistema de esgotos sanitários no Brasil, com a adoção do sistema separador absoluto; e d) a contribuição para a encampação da Companhia do Beberibe e a unificação dos serviços de abastecimento de água e de esgotos sanitários na Repartição de Saneamento do Estado, em 1915.

Com relação aos aspectos de saúde, como resultado da implementação dos sistemas de saneamento, verificou-se um decréscimo gradual do coeficiente de mortalidade geral (óbitos para cada mil habitantes) em Recife (Costa e Pontes, 2000): 1907 a 1911 - 50,24 ‰ (antes das ações de saneamento); 1912 a 1916 - 38,98 ‰; 1917 a 1921 - 33,99 ‰; 1922 a 1926 - 27,40 ‰; e 1927 a 1931, 22,92 ‰. Além disso, por sua abrangência e concepção, as ações de Saturnino de Brito também estiveram bastante ligadas à reforma urbana de Recife (reforma do Bairro do Recife e ampliação do Porto), embora, por restrições orçamentárias, o eixo central tenha mesmo sido o sistema de esgotos sanitários (Leme, 1999).

Após o processo de reforma urbana, Recife apresentou uma grande expansão, embora obedecendo às premissas urbanísticas estabelecidas anteriormente (Moreira, 1999). A partir de 1930, entretanto, novas preocupações com a melhoria da qualidade de vida e com a funcionalidade da cidade provocaram a elaboração de diversos planos urbanísticos (Andrade, 1979; Leme, 1999). Entre esses planos destacam-se os de Nestor de Figueiredo, em 1932, Atílio C. Lima, em 1936, e Ulhôa Cintra, em 1943. Já na década de 1950, surge a idéia do planejamento de Recife associado aos demais municípios de sua região, com destaque para as diretrizes de um plano regional para a cidade, elaboradas em 1951 pelo engenheiro Antônio B. Baltar e por Lebreton em 1956 (Leme, 1999; Pontual, 2000).

No entanto, ressalta-se que embora alguns desses planos tenham influenciado as intervenções urbanas em Recife até recentemente, a grande maioria não foi realizada em função, principalmente, por não comportarem aspectos práticos (Moreira, 1999). Como apresentado na Figura 6.17, o crescimento populacional a partir da década de 1960 é bastante acentuado, acelerando o processo de metropolização e agravando, entre outros, os seguintes problemas (Andrade, 1979): a) a falta de infra-estrutura urbana, principalmente nos bairros habitados em sua maioria por população de baixa renda; e b) os desequilíbrios na ocupação do espaço urbano. Atualmente, esses problemas ainda persistem e no caso do acesso aos serviços de saneamento encontram-se retratados na Figura 6.18, que também apresenta os municípios que formam a Região Metropolitana de Recife, instituída em 1973.

A distribuição espacial mostrada na Figura 6.18 mostra quatro estratos de condições de acesso aos serviços de saneamento, definidos por Pontes *et al.* (2000) a partir de indicadores dos percentuais médios de atendimento por sistema de abastecimento de água e de esgotos sanitários e coleta de resíduos sólidos nos setores censitários de Recife. De

um modo geral, o estrato cujo acesso aos serviços foi considerado bom (91 a 100% de índice de cobertura) é ocupado por populações de renda mais elevada e condições de moradia favoráveis, enquanto que os outros estratos sinalizam os locais ocupados por populações e condições de moradia menos favorecidas. Dois outros aspectos podem ser destacados: a) a predominância dos estratos ruim (51 a 75%) e péssimo (0 a 50%), o que indica o atual déficit por sistemas de saneamento existente em Recife; e b) a concentração dos estratos bom e regular em determinadas regiões da cidade, indicando as áreas ocupadas pelas camadas de mais alta renda.

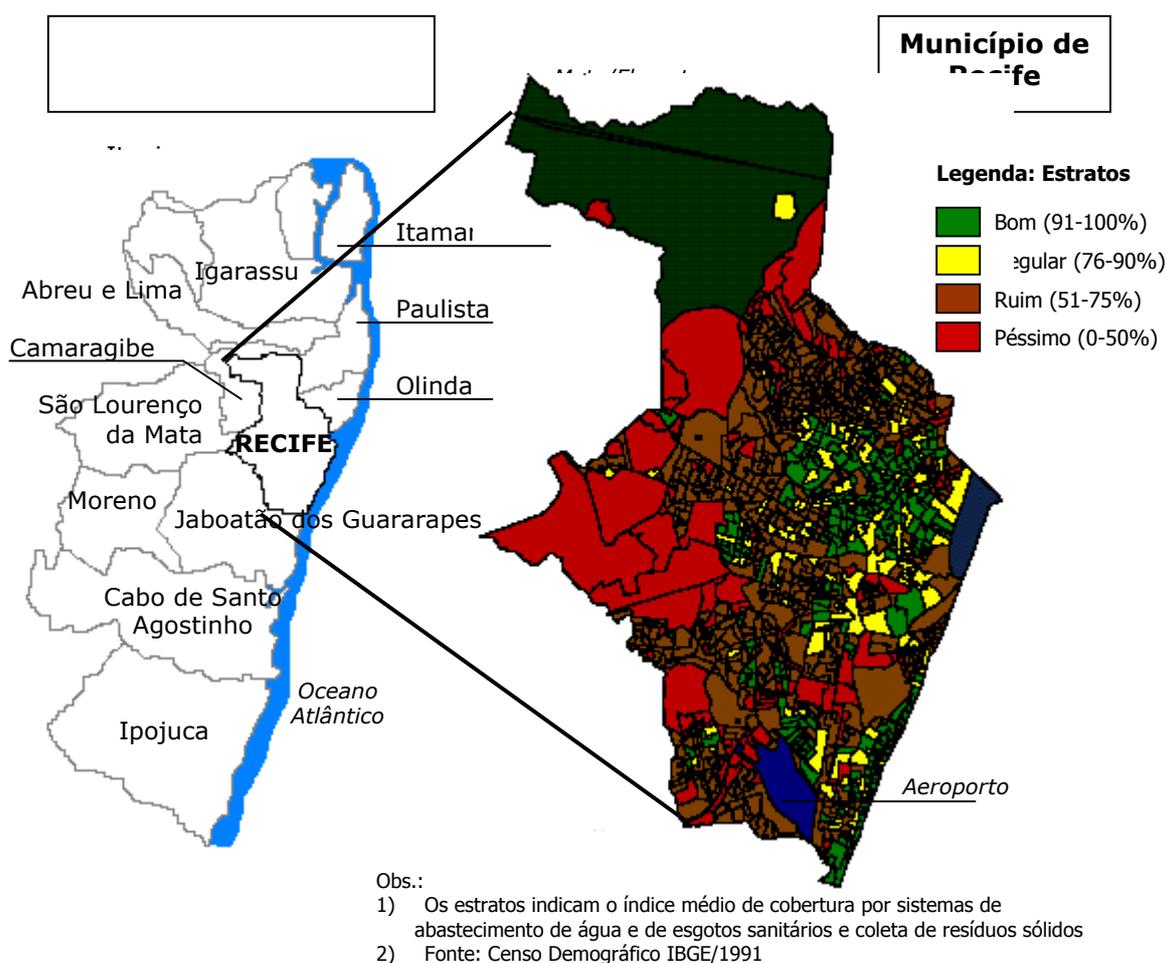


Figura 6.18 - Região Metropolitana de Recife e distribuição espacial dos serviços de saneamento. Fonte: adaptado de Pontes et al. (2000)

Segundo Villaça (2001), as mesmas forças que atuam sobre a estruturação das demais metrópoles brasileiras (casos de Belo Horizonte e Porto Alegre, por exemplo) atuam também sobre Recife: a tendência das classes mais alta de se concentrarem em apenas um região da cidade (vide Figura 3.3). A Figura 6.17 indica duas áreas de grande concentração de população de alta renda, entretanto verifica-se, segundo Villaça (2001), que uma das áreas está em declínio enquanto tal (áreas nas proximidades do rio Capibaribe) e a outra

(região de Boa Viagem) está em ascensão, o que confirma a mesma tendência das demais metrópoles.

Esse padrão de segregação e exclusão social e o crescimento desordenado da cidade, levando uma grande parcela da população a ocupar morros, alagados e áreas de proteção ambiental, colocam a cidade de Recife, atualmente, diante de uma série de riscos, que podem ser incluídos em duas categorias (Vasconcelos, 1998): a) os classificados como riscos geológicos que se consubstanciam nos processos de deslizamento, inundação, erosão e sedimentação a que a cidade está submetida; e b) aqueles que influenciam o nível de saúde de sua população, decorrentes de sistemas de saneamento inadequados ou inexistentes e da ocupação de áreas insalubres.

6.5.2 - Sistema de abastecimento de água de Recife

Em Pernambuco, os serviços de abastecimento de água e de esgotos sanitários foram constituídos a partir de meados do século XIX. Devido a sua grande inserção política e econômica nessa época, Recife constituiu o primeiro serviço de abastecimento de água do Brasil, em 1883 (Costa e Pontes, 2000). No âmbito das ações de Saturnino de Brito em Recife, ampliou-se o sistema de abastecimento de água do rio Gurjaú, com a construção, por exemplo, de sua estação de tratamento em 1918 (Costa, 1994). O sistema do rio Gurjaú, somado ao sistema do rio Prata, já existente, permitiu a expansão dos serviços de abastecimento de água passando a atender praticamente a toda a população de Recife, de cerca de 86.000 habitantes (COMPESA, 1989; PCR, 2001).

As ações do Departamento de Saneamento do Estado, entre as décadas de 1940 e 1970, foram marcadas pela alternância entre períodos de expansão e estagnação, em função da maior ou menor capacidade do Poder Público em financiar os recursos necessários para as obras que se faziam prementes (Vasconcelos, 1998). Nesse período observou-se um vertiginoso crescimento da população e, conseqüentemente, da necessidade em se aumentar o volume de água ofertada. Assim, ao final da década de 1950, a construção do sistema de abastecimento de água Monjope duplicou a oferta de água à população de Recife, permitindo, inclusive, a expansão da cidade na direção norte (PCR, 2001). Segundo Vasconcelos (1998), pode-se atribuir ao Sistema Gurjaú a expansão de Recife na direção sul e ao Sistema Monjope a possibilidade de expansão na direção norte, principalmente com a ocupação dos morros dessa região.

A partir da criação da Companhia Pernambucana de Saneamento - COMPESA, na década de 1970, foi dada ênfase total ao abastecimento de água, buscando, com isso, reduzir o elevado déficit no suprimento de água potável em Pernambuco. Entre 1974 e 1985, foram implantados, em ordem cronológica, os grandes sistemas de abastecimento de água de Recife: Tapacurá, Duas Unas, Suape e Botafogo, passando todo o sistema de

abastecimento de água da cidade a operar de forma integrada no âmbito da região metropolitana (COMPESA, 1989; PCR, 2001). A evolução do sistema de abastecimento de água de Recife encontra-se apresentada na Figura 6.19, que ilustra o crescimento da ocupação urbana e os diferentes pontos de captação e localização das estações de tratamento de água empregadas.

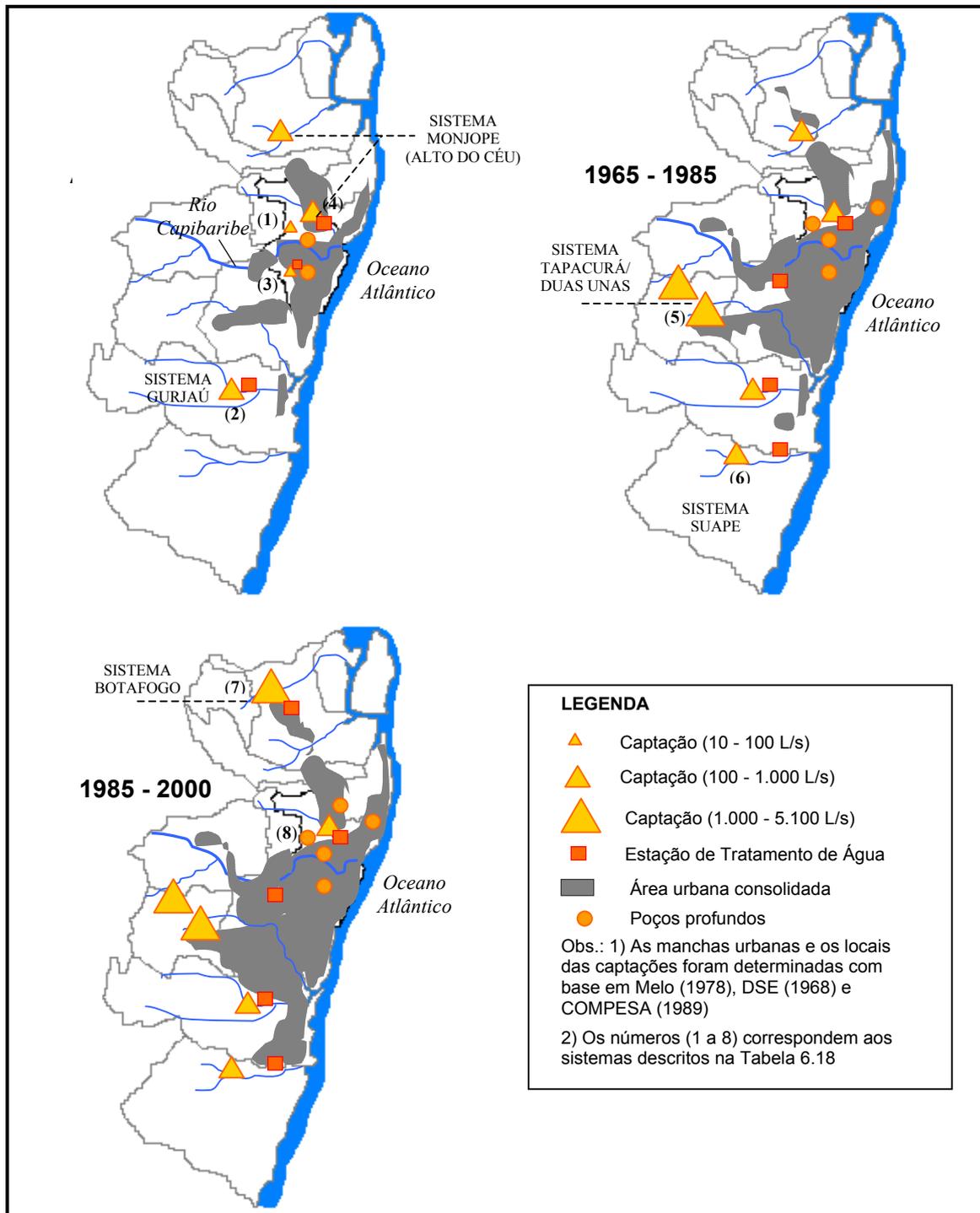


Figura 6.19 - Evolução histórica do sistema de produção de água de Recife e de sua região metropolitana

A tabela 6.18, em complemento à Figura 6.19, apresenta algumas características dos sistemas de produção de água de Recife e sua região metropolitana.

Tabela 6.18 - Sistema de produção de água potável de Recife e RMR

Sistema	Mananciais utilizados*	cio de operação	Tipo de tratamento	Observações
1. Açude do Prata/poços dois irmãos	Açude do prata e manancial subterrâneo	Fim do século XIX	-	Primeiro sistema de abastecimento de Recife, já desativado
2. Gurjaú	Rios Gurjaú e Sicupema	1910	ETA Gurjaú sistema convencional (1.000 L/s)	Abastece 10% da RMR: Pontes dos Carvalhos, Pontezinha, Distrito Industrial de Prazeres, parte de Jaboatão e zona sul de Recife
3. Jangadinha	Represa do Jangadinha	1940	ETA Jangadinha (28 L/s)	Pequena captação já desativada
4. Monjope (Alto do Céu)	Rios Utinga, Pitanga, Beberibe e Paratibe	1958	ETA Alto do Céu sistema convencional (1.300L/s)	Abastece a Zona Norte e parte do Centro de Recife (12% do abastecimento da RMR)
5. Tapacurá/ Duas Unas	Rios Tapacurá, Duas Unas, Várzea do Una e Capibaribe (fio d'água)	1977	ETA Castelo Branco sistema convencional (4.000 L/s)	Abastece cerca de 40% da RMR, atendendo grande parte de Recife e as cidades de São Lourenço da Mata, Camaragibe e localidades de Jaboatão
6. Suape	Rios Bitá e Utinga Baixo	1984	ETA Suape sistema convencional (1.600 L/s)	Abastece cerca de 5% da zona sul da RMR
7. Botafogo	Rios Catucá, Cumbe, Pilão, Tabatinga, Conga e Monjope	1986	ETA Botafogo sistema convencional (2.200 L/s)	Atende as cidades de Igarassu, Cruz de Rebouças, Abreu e Lima, Olinda e Paulista (cerca de 13% da RMR)
8. Poços profundos: atualmente uma bateria de aproximadamente 140 poços complementa o abastecimento da Região Metropolitana de Recife, principalmente da zona Norte				

Obs.: Os números nos sistemas indicam sua localização nos desenhos esquemáticos da Figura 6.19

* Todas as captações são em barragem de acumulação com exceção das captações do Sistema Monjope

Fonte: COMPESA (1989); DSE (1968) e PCR (1998)

Com relação ao sistema de distribuição de água, além da expansão das redes que, atualmente, representam uma cobertura de cerca de 90% da população, ressalta-se a construção dos denominados Grandes Anéis, que representam uma linha principal de distribuição de água, projetada para integrar os grandes sistemas de produção situados ao norte, sul e oeste da região metropolitana (PCR, 1998; 2001). Ressalta-se, entretanto, que o sistema de distribuição de água é, até hoje, deficiente, e o elevado índice de cobertura atualmente registrado deriva-se de intervenções ocorridas somente a partir de 1987 (PCR, 1998).

Atualmente, o sistema de abastecimento de água da Região Metropolitana de Recife está operando com sua capacidade máxima instalada e, mesmo assim, não consegue equilibrar os vetores de oferta e demanda, com déficit de, aproximadamente, 40%. Com efeito, para uma demanda total de cerca de 14 m³/s, os mananciais superficiais ofertam 8,5 m³/s, enquanto que a bateria de poços profundos existentes é responsável por apenas 1,5 m³/s, o que representa 4 m³/s (ou 40%) de déficit. Nesse cenário, os sistemas de abastecimento de água operam com intermitência, existindo racionamento mesmo em períodos sem estiagem (PCR, 2001). A ampliação da produção de água em 5,6 m³/s está prevista com a construção do sistema Pirapama, cuja barragem encontra-se, ainda, em fase de construção. A Figura 6.20 compara a evolução histórica da quantidade de água produzida pelos sistemas de abastecimento de água de Recife e a demanda de água na cidade.

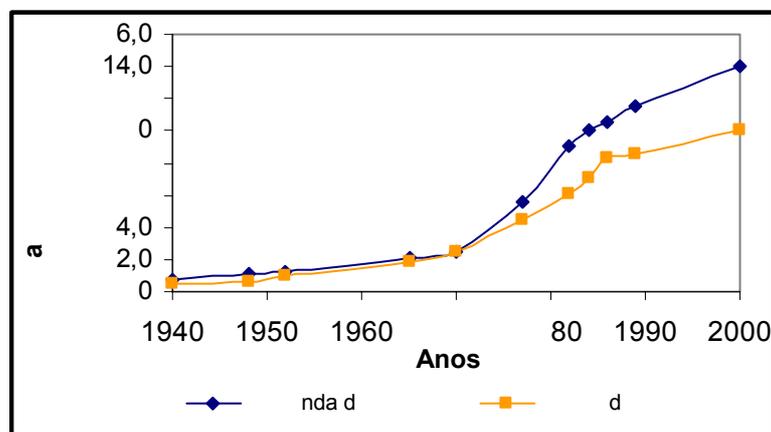


Figura 6.20 - Evolução do balanço entre oferta e demanda de água em Recife.
Fonte: COMPESA (1989), PCR (2001)

Segundo Vasconcelos (1998), uma série de problemas estruturais, além do contexto econômico-financeiro, dificultam a implementação dos sistemas de abastecimento de água em Recife, tais como: a) mercado consumidor de baixo consumo e pequena renda; b) alto índice de perdas de água nos sistemas de abastecimento; e c) disponibilidade hídrica reduzida para a expansão dos serviços, o que resulta na dependência dos mananciais situados em outros municípios da região metropolitana, como observado na Figura 6.19.

6.5.3 - Sistema de esgotos sanitários de Recife

Em Recife, a grande epidemia de cólera em 1856 teve como conseqüência a iniciativa da constituição dos serviços de esgotos sanitários, inaugurado somente após os do Rio de Janeiro (Costa, 1994). Entretanto, a grande evolução em termos do sistema em si remonta ao Plano de Saneamento de Saturnino de Brito (1909-1915), que consistiu de uma rede coletora de esgotos de 115 km e nove estações elevatórias, as quais conduziam os esgotos

domésticos para uma "usina terminal", situada no bairro Cabanga, de onde os efluentes eram lançados no oceano (Vasconcelos, 1995). Em 1915, toda a parte central de Recife, uma área de 1.182 ha em que estava localizada a maioria da população, era atendida pelo sistema de esgotos sanitários (PCR, 2001).

No período de 1918 a 1970, as ações referentes ao sistema de esgotos sanitários praticamente não existiram, sendo a implantação da rede coletora do bairro de Boa Viagem, do sub-sistema Peixinhos (incluindo uma ETE), da ETE Cabanga e de obras em alguns distritos as intervenções mais expressivas, realizadas pelo Departamento de Saneamento do Estado - DSE com recursos obtidos pelo governo de Pernambuco junto ao BID (Vasconcelos, 1995). Em 1971, ano de criação da COMPESA, o sistema de esgotos sanitários de Recife era constituído por 19 estações elevatórias, duas ETEs e cerca de 450 km de rede coletora, correspondendo a uma área de 3.000 ha (cerca de 22% da área ocupada da cidade) (PCR, 2001). Segundo Vasconcelos (1995), a atuação da COMPESA em Recife, em termos de expansão do sistema de esgotos sanitários, pode ser considerada insignificante, pois o pequeno incremento registrado nos últimos 30 anos resultou principalmente da ação de agentes privados, cooperativas habitacionais e agentes públicos, como a própria Prefeitura de Recife.

Atualmente, o atendimento por sistema de esgotos sanitários na Região Metropolitana de Recife é realizado por meio de 83 estações elevatórias e 21 ETEs, sendo as mais importantes: ETE Cabanga, ETE Peixinhos e ETE Janga, que atende, parcialmente, aos municípios de Olinda e Paulista (COMPESA, 1999). Em Recife, os principais sistemas continuam sendo o Cabanga e o Peixinhos, que se encontram em precárias condições de funcionamento (Vasconcelos, 1998). Entretanto, verifica-se, também, a existência de diversos sistemas isolados do tipo convencional e condominial, localizados em núcleos habitacionais e áreas de população de baixa renda que não são atendidas pelo sistema da COMPESA (PCR, 2001). A Tabela 6.19 apresenta uma descrição dos sistemas de esgotos sanitários existentes em Recife, que atendem a somente 30% da população.

Em análise da gestão dos sistemas de esgotos sanitários de Recife, Costa e Pontes (1997) e Rezende e Marinho (1995) demonstram, apesar da pequena ampliação dos sistemas, algumas falhas no processo de descentralização, ocorrido a partir de meados da década de 1980. Segundo os autores, o município passou a assumir suas prerrogativas de titular dos serviços, ao passar a implantar os sistemas condominiais de esgotos. No entanto, não as assumiu efetivamente devido, principalmente, à falta de mecanismos político-institucionais estabelecidos e à ausência de instâncias em funcionamento que estabelecessem um controle social sobre a gestão do saneamento. A opção pelo sistema condominial, por exemplo, se deu sem a valorização e o investimento na mobilização

comunitária, o que inviabilizou grande parte das obras ou dos sistemas já implantados (Pontes e Costa, 1996).

Tabela 6.19 - Principais características dos sistemas de esgotos sanitários de Recife

Tipo de sistema	Órgão de implantação*	% do total de ligações	
Convencional (principal)	Comissão de Saneamento do Recife e Departamento de Saneamento do Estado, nas décadas de 1910 e 1960	50	Dois sub-sistemas principais, definidos pelas respectivas ETEs, Cabanga*** e Peixinhos****
Convencional (isolado)	COMPESA, Cohab-PE** e a extinta Empresa de Obras de Pernambuco, ligados ao governo estadual	25	Cerca de 30 sistemas isolados, alguns com pequenas estações de tratamento
Condominial (isolado)	Iniciativa da Prefeitura da Cidade do Recife, com a participação de órgãos estaduais, em dois períodos 1986-1988 e 1993-1996	25	Cerca de 65 sistemas isolados, geralmente com algum tratamento simplificado

* Órgãos responsáveis pela implantação do sistema, mas não necessariamente por sua gestão

** Companhia de Habitação de Pernambuco

*** ETE Cabanga: tratamento secundário (vazão de projeto - 930 L/s)

**** ETE Peixinhos: tratamento primário (vazão de projeto - 417,0 L/s)

Fonte: Costa e Pontes (1997) e Vasconcelos (1998)

6.6 - BALANÇO FINAL DOS ESTUDOS DE CASO

Com base no levantamento de dados dos cinco estudos de caso investigados e objetivando uma comparação entre as cidades, propõe-se uma sistematização e periodização dos principais aspectos observados em relação ao desenvolvimento e evolução histórica dos sistemas de abastecimento de água e de esgotos sanitários. Segundo Santos e Silveira (2001), para compreender o processo histórico brasileiro e sua realidade atual, um esforço de periodização é relevante, apesar de todos os problemas inerentes a essa tarefa.

Vários autores, sobretudo economistas e historiadores, identificam a industrialização como fundamento de sua periodizações da história brasileira (Buescu, 1985; Brum, 1990; Pereira, 1984). Além da industrialização, Pereira (1984) utiliza variáveis como a ação do Estado, a agricultura e a urbanização, assinalando os seguintes períodos: a) a industrialização brasileira até a Segunda Guerra Mundial; b) o pós-guerra até a crise 1963-1965; e c) a passagem do desenvolvimento nacional ao desenvolvimento excludente. No presente trabalho, em função da influência da conjuntura política e econômica do país no setor de saneamento, alguns períodos propostos coincidiram com importantes ciclos da história do Brasil. Com efeito, a busca de uma periodização para as ações relacionadas aos sistemas de abastecimento de água e de esgotos sanitários nas cinco metrópoles brasileiras

recaiu nos seguintes momentos históricos: a) início do século XX até a década de 1940; b) décadas de 1950 e 1960; c) décadas de 1970 e 1980; e d) década de 1990 até os dias atuais.

Apesar de existirem ações de saneamento anteriores ao início do século XX, os primeiros sistemas de saneamento em sua concepção atual começaram a ser implementados em Recife, Porto Alegre e Belo Horizonte somente a partir dessa data. Ressalta-se, ainda, que a utilização de marcos históricos tradicionais nem sempre foi possível, como no caso dos dois períodos intermediários (década de 1950 até a década de 1980). Em geral, para caracterizar essa época, utiliza-se o ano de 1964 como marco histórico, por representar o início da instauração do regime militar no Brasil. Entretanto, em termos do setor de saneamento, o modelo de intervenção estatal consolidado durante o regime militar produziu maiores reflexos a partir de 1971, com o lançamento do PLANASA, o que justifica a periodização proposta. A Tabela 6.20 apresenta as principais características dos sistemas de abastecimento de água e de esgotos sanitários em Brasília, Belo Horizonte, Goiânia, Porto Alegre e Recife de acordo com os períodos definidos.

O primeiro período representa o início do processo de urbanização das cidades de Porto Alegre e Recife e a criação das cidades de Belo Horizonte (1897) e Goiânia (1933). No segundo período, observa-se a criação de Brasília (1960) e a acentuação do processo de urbanização, marcado por uma industrialização intensiva, um vertiginoso crescimento populacional e o agravamento das desigualdades sócio-espaciais. Nesses dois primeiros períodos, os serviços de saneamento estavam sob a responsabilidade de órgãos municipais, nos casos de Belo Horizonte e Porto Alegre, e de departamentos estaduais: a partir de 1915 em Recife e 1960 em Goiânia.

O terceiro e quarto períodos podem ser caracterizados pela formação e consolidação dos aglomerados urbanos de Brasília e Goiânia e das regiões metropolitanas de Belo Horizonte, Recife e Porto Alegre, tornando-as importantes metrópoles regionais. A partir da década de 1970, com o advento do PLANASA, Belo Horizonte, Goiânia e Recife têm seus serviços de saneamento repassados para as companhias estaduais (respectivamente, COPASA, SANEAGO e COMPESA), enquanto que em Porto Alegre a responsabilidade pela prestação dos serviços continuou sob a esfera municipal, com o DMAE. No caso de Brasília, o Distrito Federal é o titular dos serviços, o que tornou a CAESB, a partir de 1969, apenas a companhia responsável pelos sistemas de abastecimento de água e de esgotos sanitários.

A análise da Tabela 6.20 permite inferir que, apesar das particularidades de cada cidade investigada, os sistemas de abastecimento de água e de esgotos sanitários apresentaram, ao longo da história, configurações e evoluções bem parecidas, o que reforça a existência de traços comuns de organização urbana nas metrópoles brasileiras. Segundo Villaça (2001), essa condição é justificada pelo fato de terem sido produzidas pela mesma

formação social, pelo mesmo Estado e no mesmo momento histórico. Nesse sentido, mesmo as cidades planejadas, casos de Belo Horizonte, Goiânia e Brasília, se equipararam as cidades de crescimento espontâneo, instituindo uma certo padrão aos problemas urbanos.

Tabela 6.20 - Caracterização geral dos sistemas de abastecimento de água e de esgotos sanitários de Brasília, Belo Horizonte, Goiânia, Recife e Porto Alegre

Período	Sistema de Abastecimento de água	Sistema de Esgotos sanitários
Início do século XX até a década de 1940	<p>A produção de água era equacionada com mananciais próximos ou dentro dos limites da cidade, porém os sistemas de distribuição só atendiam a uma pequena parte da população:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Belo Horizonte: sistemas Serra/Mangabeiras, Carangola e Ibirité; - Goiânia: sistemas Botafogo e João Leite - Porto Alegre: sistemas Moinhos de Vento e São João - Recife: sistema Gurjaú e represas do Prata e do Jangadinha. 	<p>As redes coletoras de esgotos consistiam, em sua maioria, dos esforços empreendidos no início do século, principalmente em Recife com o plano de Saturnino de Brito, mas também em Belo Horizonte e Porto Alegre. Em Goiânia, praticamente não existiu sistema coletivo de esgotos nesse período</p> <p>Em todos os casos, não existia sistema de tratamento de esgotos</p>
Décadas de 1950 e 1960	<p>Crise no abastecimento de água de Belo Horizonte, Porto Alegre e Recife, com o crescimento da demanda e sem um aumento equivalente da capacidade de produção e distribuição de água. As cidades de Goiânia e Brasília, por serem mais recentes, não sofrem tão fortemente esses reflexos, apesar do também verificado aumento da população.</p>	<p>Nesse período, praticamente não houve investimentos em sistemas de esgotos sanitários, com exceção do Distrito Federal que desenvolveu soluções com vistas à preservação do Lago Paranoá (ETEs Brasília Sul e Brasília Norte).</p>
Décadas de 1970 e 1980	<p>Grandes sistemas de produção de água e ampliação significativa das redes de distribuição:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Distrito Federal: sistemas Santa Maria e Descoberto - Belo Horizonte: sistemas rio das Velhas, Vargem das Flores (Contagem) e Serra Azul. Início das obras do sistema rio Manso - Goiânia: sistema Meia Ponte - Recife: sistemas Tapacurá/Duas Unas, Suape e Botafogo 	<p>Apesar da existência de vários Planos Diretores e projetos (Distrito Federal, Porto Alegre, Belo Horizonte e Recife), pouca ampliação dos sistemas de coleta e transporte de esgotos sanitários e apenas soluções pontuais em termos de sistemas de tratamento</p>
Década de 1990 até os dias atuais	<p>Sistemas de produção de água operando de forma integrada em todas as cidades em função da complexidade das áreas de atendimento.</p> <p>Ampliação do sistema de distribuição para áreas de menor poder aquisitivo e maior enfoque na preservação dos mananciais existentes do que na busca de novos mananciais</p> <p>Ênfase nos padrões de qualidade da água e na qualidade dos serviços prestados</p>	<p>Ampliação das redes coletoras em todas as cidades: substituição do sistema combinado em Porto Alegre e utilização do sistema condominial no Distrito Federal (em larga escala) e em Recife (sistemas isolados)</p> <p>Implementação considerável de estações de tratamento em Porto Alegre e, principalmente, no Distrito Federal e início das obras de grandes ETEs em Belo Horizonte (Arrudas e Onça) e Goiânia (Anicuns).</p>

Os estudos de caso permitiram verificar que o desenvolvimento dos sistemas de abastecimento de água e de esgotos sanitários foi marcado pelo desempenho da economia e do setor público o que se refletiu na menor ou maior capacidade para a obtenção de recursos para investimentos. Assim, os aspectos político-institucionais e econômico-financeiros foram os principais determinantes das ações de saneamento nas cinco cidades investigadas, refletindo a história do setor no Brasil. Ao longo dos anos, a condição inicial de uma ação de saúde pública vem se distanciando ao passo que a questão ambiental representa uma crescente preocupação. Tais aspectos, em consonância com a modificação do espaço urbano das cidades brasileiras e seu viés sócio-econômico estabeleceram a lógica e a predominância de determinadas ações, indicando em diferentes períodos as dimensões que influenciaram o processo de tomada de decisão.

De forma geral, os estudos de caso parecem confirmar várias relações estabelecidas na fundamentação teórica propiciando, assim, importantes subsídios para a formulação do modelo conceitual.

7 - MODELO CONCEITUAL PARA O PLANEJAMENTO EM SANEAMENTO: PROPOSTA E DISCUSSÃO

O presente capítulo tem como objetivos: a) apresentação da proposta do modelo de planejamento em saneamento, isto é, da estrutura concebida para o modelo conceitual, b) análise dos componentes do modelo conceitual proposto, a partir de uma contraposição entre os elementos da fundamentação teórica (Capítulos 3 a 5) e os dados obtidos com os estudos de caso (Capítulo 6) e c) avaliação do modelo em uma perspectiva histórica. Além disso, faz-se uma breve discussão sobre a aplicabilidade do modelo como um instrumento de planejamento e sobre as possibilidades de desenvolvimento do modelo proposto e de outras alternativas de concepção.

7.1 - ASPECTOS GERAIS - APRESENTAÇÃO DO MODELO

Como explicitado na Metodologia (Capítulo 2), a construção do modelo teve como fundamentos: a) a definição do cenário resultante do processo de urbanização verificado no Brasil e sua relação com os sistemas de abastecimento de água e de esgotos sanitários, b) a análise das forças que influenciam o planejamento de sistemas de abastecimento de água e de esgotos sanitários (aspectos econômico-financeiros) e o conjunto de regras e relações que sustentam os processos envolvidos (aspectos político-institucionais), e c) a avaliação dos efeitos, na saúde pública e no meio ambiente, da implementação ou ausência dos referidos sistemas, uma vez que esses seriam seus principais objetivos. A estrutura que compõe o modelo encontra-se novamente apresentada na Figura 7.1, em que se observa a indicação dos capítulos que trataram especificamente de cada dimensão de análise para sua formulação.

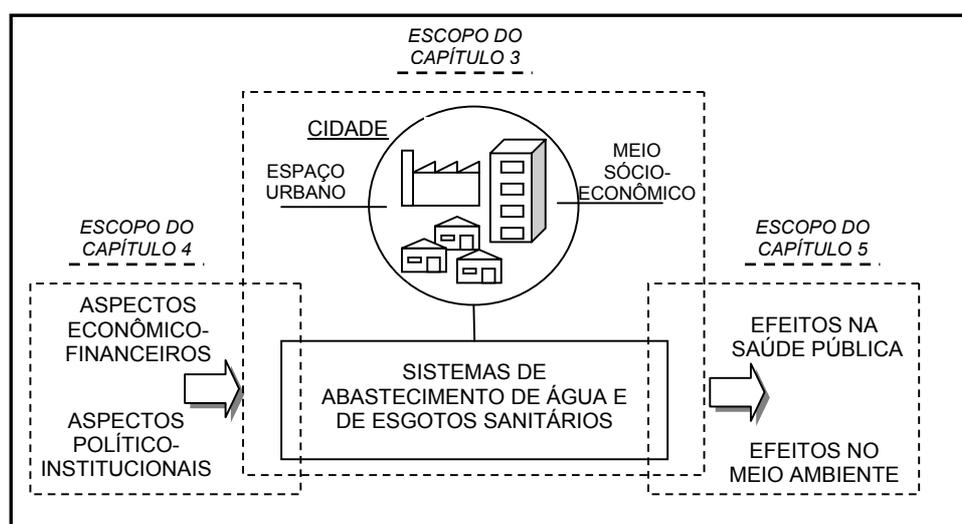
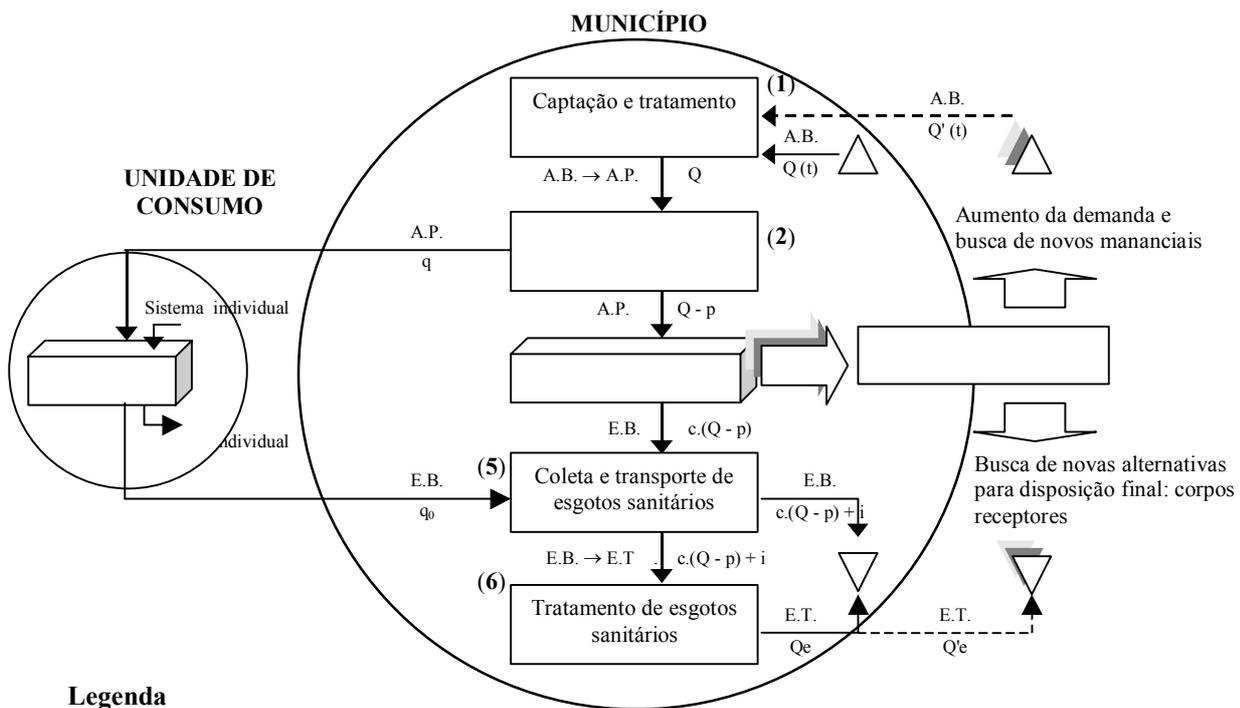


Figura 7.1 - Representação esquemática da estrutura utilizada para a formulação de modelo conceitual para o planejamento de sistemas de saneamento

Em cada Capítulo (Capítulos 3 a 5), foi proposta uma sistematização das dimensões de análise avaliadas, representada pelos esquemas conceituais da Figura 3.6 (Relações entre os sistemas de abastecimento de água e de esgotos sanitários e o cenário resultante do processo de urbanização), Figura 4.5 (Aspectos político-institucionais e econômico-financeiros relacionados aos sistemas de abastecimento de água e de esgotos sanitários) e Figura 5.2 (Modelo de efeitos diretos na saúde e no meio ambiente provenientes da implementação de sistemas de abastecimento de água e de esgotos sanitários). Essa sistematização constituiu-se na base para a formulação do modelo conceitual, em que se observam dois elementos básicos comuns a todas os esquemas propostos: a) o domicílio urbano, que se constitui na unidade primordial de análise e peça central para a formulação do modelo e b) o fluxo de uso da água nos sistemas de abastecimento de água e de esgotos sanitários, que forma o eixo orientador para a construção dos referidos esquemas. Esses dois elementos (a unidade primordial de análise e o ciclo urbano de uso da água) são descritos esquematicamente na Figura 7.2.



Legenda

$Q(t)$ - disponibilidade de água (volume tempo⁻¹)
 Q - produção de água potável (volume tempo⁻¹)
 Q_e - Efluente de esgotos tratado (volume tempo⁻¹)
 p - perdas físicas (volume tempo⁻¹)
 A.B. - água bruta; A.P. - água potável; E.B. - esgoto bruto; E.T. - esgoto tratado

c - coeficiente de retorno (adimensional)
 i - infiltração (volume tempo⁻¹)
 q - consumo *per capita* de água (volume tempo⁻¹ hab.⁻¹)
 q_0 - produção *per capita* de esgotos (volume tempo⁻¹ hab.⁻¹)

Símbolos

Δ - mananciais; ∇ - corpos receptores
 ——— fluxo de água e esgotos (tempo t); - - - - - fluxo de água e esgotos ($t + n$)

Figura 7.2 - Ciclo urbano de uso da água, considerando-se apenas os sistemas de abastecimento de água e de esgotos sanitários

Com relação à Figura 7.2, observa-se que os números em parênteses correspondem às seguintes etapas do ciclo urbano de uso da água: (1) sistema de produção de água, com a transformação da água bruta em água potável para o consumo humano (A.B. → A.P.), (2) sistema de distribuição de água para a área urbana, (3) consumo de água, representado pelo consumo *per capita* de água de cada unidade domiciliar e (4) produção de esgotos sanitários, representada pela produção *per capita* de esgotos em cada unidade de consumo (a utilização da água implica em transformações de sua qualidade, de água potável para esgoto bruto: A.P. → E.B.), (5) sistema de coleta e transporte de esgotos sanitários, no qual tem-se a concentração dos esgotos brutos produzidos em cada unidade de consumo e (6) sistema de tratamento de esgotos sanitários, responsável por uma nova alteração na qualidade, com a transformação de esgoto bruto em esgoto tratado (E.B. → E.T.). Além das alterações da qualidade da água em cada etapa de seu percurso, observa-se que a mesma sofre alterações quantitativas desde a captação no manancial até a disposição do efluente tratado no corpo receptor.

O arranjo teórico obtido a partir da associação entre o ciclo urbano de uso da água e os elementos definidos para o modelo (Capítulos 3 a 5) deve contrapor-se aos estudos de caso apresentados no Capítulo 6, permitindo verificar a pertinência dos elementos propostos e subsidiando, assim, a própria formulação do modelo conceitual final. Entretanto, um dos maiores problemas para o desenvolvimento dessa etapa em particular e, de uma forma geral, de modelos que descrevem sistemas complexos, consiste na dificuldade em se representar todas as interações identificadas entre os diversos componentes do sistema que se quer modelar.

Existem várias formas de se apresentar um modelo conceitual, cuja seleção ocorre de acordo com o sistema e os processos que se deseja representar. Nos capítulos anteriores, privilegiou-se o uso de tipos de redes de interação e diagramas de sistemas, para indicar as relações existentes entre os sistemas de abastecimento de água e de esgotos sanitários e suas diversas interfaces: política, institucional, financeira, econômica, social, urbana, ambiental e de saúde. Segundo Jørgensen (1988), esse tipo de representação fornece um método objetivo de identificação e descrição das relações causais entre os componentes do sistema, sendo bastante útil no início do processo de modelagem. Entretanto, como limitações, as redes ou diagramas apresentam dificuldade no estabelecimento dos limites do sistema e de assegurar que todas as trajetórias e interações estejam consideradas, principalmente no caso de sistemas complexos. Além disso, o estabelecimento de uma abordagem quantitativa e a formulação matemática das interações podem se mostrar inviáveis, o que diminui a aplicabilidade do modelo como uma ferramenta operacional.

Nesse sentido, optou-se, entre diversas opções, pela construção do modelo conceitual em um formato matricial, escolhido por facilitar o arranjo das diversas inter-relações

definidas. Como vantagens do uso da matriz, destacam-se: a) a possibilidade de se trabalhar com um grande número de informações de forma bastante organizada (os diagramas de sistemas, utilizados até então, tornam-se pouco funcionais à medida em que novas dimensões de análise são inseridas); b) a definição de cada célula ($F_{i,j}$) como uma função, o que permite estabelecer uma relação específica entre os aspectos considerados e os sub-sistemas de saneamento, já identificados nos modelos definidos anteriormente; c) a facilidade operacional, pois, esse formato permite, caso necessário, a consideração e análise de apenas partes da matriz, de acordo com o interesse específico em se verificar apenas determinado aspecto ou sub-sistema; e d) a possibilidade, como consequência do processo de modelagem, do desenvolvimento de uma formulação matemática, como previsto na Figura 2.2 da Metodologia (Capítulo 2). A Figura 7.3 apresenta o formato da matriz a ser construída.

SISTEMAS		DIMENSÕES DE ANÁLISE: ASPECTOS CONSIDERADOS						TOTAL
		Político-institucional	Econômico-financeiro	Sócio-Econômico	Espaço Urbano	Meio Ambiente	Saúde Pública	
S.A.A.	Produção de água ¹	$F_{A1,INT}$	$F_{A1,FIN}$	$F_{A1,SOC}$	$F_{A1,URB}$	$F_{A1,AMB}$	$F_{A1,SAP}$	ΣF_{A1}
	Distribuição de água ²	$F_{A2,INT}$	$F_{A2,FIN}$	$F_{A2,SOC}$	$F_{A2,URB}$	$F_{A2,AMB}$	$F_{A2,SAP}$	ΣF_{A2}
	Consumo de água ³	$F_{A3,INT}$	$F_{A3,FIN}$	$F_{A3,SOC}$	$F_{A3,URB}$	$F_{A3,AMB}$	$F_{A3,SAP}$	ΣF_{A3}
S.E.S.	Produção de esgotos ⁴	$F_{E4,INT}$	$F_{E4,FIN}$	$F_{E4,SOC}$	$F_{E4,URB}$	$F_{E4,AMB}$	$F_{E4,SAP}$	ΣF_{E4}
	Coleta de esgotos ⁵	$F_{E5,INT}$	$F_{E5,FIN}$	$F_{E5,SOC}$	$F_{E5,URB}$	$F_{E5,AMB}$	$F_{E5,SAP}$	ΣF_{E5}
	Tratamento de esgotos ⁶	$F_{E6,INT}$	$F_{E6,FIN}$	$F_{E6,SOC}$	$F_{E6,URB}$	$F_{E6,AMB}$	$F_{E6,SAP}$	ΣF_{E6}
TOTAL		ΣF_{INT}	ΣF_{FIN}	ΣF_{SOC}	ΣF_{URB}	ΣF_{AMB}	ΣF_{SAP}	ΣF_{TOTAL}
Características:		Fatores de influência		Cenário		Efeitos		

Nota: 1) Os números em cada sub-sistema (1 a 6) são referentes aos números da Figura 7.2

2) Cada função $F_{i,j}$ corresponde a uma célula da matriz, onde i = sub-sistema de saneamento (A_n : abastecimento de água; E_n : esgotos sanitários) e j = aspecto ou dimensão de análise (INT: político-institucional; FIN: econômico-financeiro; URB: relativo ao espaço urbano; SOC: sócio-econômico; AMB: ambiental; SAP: relativo à saúde pública).

Figura 7.3 - Estrutura matricial de modelo conceitual para o planejamento de sistemas de abastecimento de água e de esgotos sanitários em centros urbanos

Como pode ser observado na Figura 7.3, cada linha da matriz representa uma etapa dos sistemas de abastecimento de água e de esgotos sanitários (incluindo o consumo de água e a produção de esgotos sanitários realizados no âmbito de cada domicílio urbano) e cada coluna corresponde a um dos aspectos considerados quando da formulação da base

teórica do modelo. Em princípio, as dimensões de análise condicionam os componentes de saneamento, embora as funções representadas na matriz possam caracterizar relações em duplo sentido.

Assim, como exemplo, a função $F_{A1,INT}$ estabelece as relações entre os fatores político-institucionais que condicionam a implementação do sistema de produção de água ou, a partir da seleção de uma determinada solução para a produção de água, quais os arranjos político-institucionais necessários; a função $F_{A2, SOC}$ descreve a influência do meio sócio-econômico no acesso ao sistema de distribuição de água potável ou as mudanças no meio sócio-econômico a partir do atendimento por esse sistema; e a função $F_{E6, AMB}$ refere-se aos aspectos ambientais que devem ser considerados, quando da implementação de sistema de tratamento de esgotos ou os efeitos no meio ambiente resultantes do tratamento. Ao final de cada linha e coluna, vislumbra-se uma agregação das funções relacionadas, representadas pelos seguintes somatórios das linhas (Equações 7.1 a 7.6) e das colunas (Equações 7.7 a 7.12).

- Agregação das funções de cada linha, representando cada sub-sistema avaliado:

$$\Sigma F_{A1} = F_{A1,INT} + F_{A1,FIN} + F_{A1,SOC} + F_{A1,URB} + F_{A1,AMB} + F_{A1,SAP} \quad (7.1)$$

$$\Sigma F_{A2} = F_{A2,INT} + F_{A2,FIN} + F_{A2,SOC} + F_{A2,URB} + F_{A2,AMB} + F_{A2,SAP} \quad (7.2)$$

$$\Sigma F_{A3} = F_{A3,INT} + F_{A3,FIN} + F_{A3,SOC} + F_{A3,URB} + F_{A3,AMB} + F_{A3,SAP} \quad (7.3)$$

$$\Sigma F_{E4} = F_{E4,INT} + F_{E4,FIN} + F_{E4,SOC} + F_{E4,URB} + F_{E4,AMB} + F_{E4,SAP} \quad (7.4)$$

$$\Sigma F_{E5} = F_{E5,INT} + F_{E5,FIN} + F_{E5,SOC} + F_{E5,URB} + F_{E5,AMB} + F_{E5,SAP} \quad (7.5)$$

$$\Sigma F_{E6} = F_{E6,INT} + F_{E6,FIN} + F_{E6,SOC} + F_{E6,URB} + F_{E6,AMB} + F_{E6,SAP} \quad (7.6)$$

- Agregação das funções de cada coluna, representando cada aspecto considerado:

$$\Sigma F_{INT} = F_{A1,INT} + F_{A2,INT} + F_{A3,INT} + F_{E4,INT} + F_{E5,INT} + F_{E6,INT} \quad (7.7)$$

$$\Sigma F_{FIN} = F_{A1,FIN} + F_{A2,FIN} + F_{A3,FIN} + F_{E4,FIN} + F_{E5,FIN} + F_{E6,FIN} \quad (7.7)$$

$$\Sigma F_{SOC} = F_{A1,SOC} + F_{A2,SOC} + F_{A3,SOC} + F_{E4,SOC} + F_{E5,SOC} + F_{E6,SOC} \quad (7.9)$$

$$\Sigma F_{URB} = F_{A1,URB} + F_{A2,URB} + F_{A3,URB} + F_{E4,URB} + F_{E5,URB} + F_{E6,URB} \quad (7.10)$$

$$\Sigma F_{AMB} = F_{A1,AMB} + F_{A2,AMB} + F_{A3,AMB} + F_{E4,AMB} + F_{E5,AMB} + F_{E6,AMB} \quad (7.11)$$

$$\Sigma F_{SAP} = F_{A1,SAP} + F_{A2,SAP} + F_{A3,SAP} + F_{E4,SAP} + F_{E5,SAP} + F_{E6,SAP} \quad (7.12)$$

A agregação total (ΣF_{TOTAL}) que, em última instância, define o modelo conceitual global é definido pelas equações 7.13 e 7.14 que devem indicar o mesmo resultado.

$$\Sigma F_{TOTAL} = \Sigma F_{A1} + \Sigma F_{A2} + \Sigma F_{A3} + \Sigma F_{E4} + \Sigma F_{E5} + \Sigma F_{E6} \quad (7.13)$$

$$= \Sigma F_{INT} + \Sigma F_{FIN} + \Sigma F_{SOC} + \Sigma F_{URB} + \Sigma F_{AMB} + \Sigma F_{SAP} \quad (7.14)$$

7.2 - DESCRIÇÃO DOS COMPONENTES DO MODELO CONCEITUAL - MATRIZ

Neste item, discutem-se os componentes da matriz apresentada na Figura 7.3, de modo a se estabelecer, para cada função ($F_{i,j}$), uma contraposição entre os elementos definidos a partir da fundamentação teórica dos Capítulos 3 a 5 e os dados obtidos nos estudos de caso (Capítulo 6). Assim, para cada sub-sistema de saneamento avaliado, bem como para as funções que representam o consumo de água e a produção de esgotos sanitários, é exibida uma tabela contendo uma **descrição** das relações estabelecidas e, na seqüência, alguns exemplos dos estudos de caso que ilustram essas relações.

Embora a maioria das relações tenham sido observadas em todos os estudos de caso, optou-se, em geral, por apresentar de forma simplificada apenas um exemplo típico para cada função, principalmente nos casos em que o mesmo padrão foi observado. Em algumas situações, privilegiou-se a comparação entre as cidades, particularmente nos casos em que se identificou realidades diferentes que mereciam ser confrontadas e, em outras, evitou-se exemplificar relações já evidenciadas ou consideradas de constatação óbvia. No caso dos aspectos relacionados à saúde pública (F_{SAP}), a contraposição com os estudos de caso careceu de dados epidemiológicos específicos, cuja obtenção fugiu ao escopo deste trabalho. Porém esse aspecto não compromete a descrição das respectivas funções uma vez que a relação saúde/saneamento já se encontra consolidada empiricamente.

7.2.1 - Sistema de produção de água

A Tabela 7.1 apresenta as descrições das funções referentes ao sistema de produção de água segundo as dimensões de análise consideradas no modelo da Figura 7.3.

Tabela 7.1 - Componentes do modelo conceitual: sistema de produção de água

Político-institucional $F_{AI,INT}$	Econômico-financeiro F	Meio sócio-econômico $F_{AI,SOC}$	Espaço urbano $F_{AI,URB}$	Meio biente F	Saúde Pública $F_{AI,SAP}$
A conjuntura política e o arcabouço institucional influenciam diretamente a capacidade de investimento* e definem o modelo de gestão dos sistemas	A capacidade de investimento* e de manutenção/ operação é determinada pela estrutura de arrecadação e financiamento, pelo custo do sistema e pelo contexto macroeconômico	O padrão sócio-econômico define o perfil da demanda a ser atendida e sua localização espacial**	A produção de água relaciona-se às características do meio físico*** e ao padrão de uso e ocupação do solo na área da bacia de contribuição	Os efeitos ambientais relacionam-se às formas de exploração dos mananciais e aos resíduos do tratamento	A diminuição das doenças do tipo feco-oral (transmissão hídrica) está relacionada à qualidade da água do manancial e à adoção de ETAs

* Novos mananciais ou ampliação/recuperação dos sistemas existentes

** As diferentes classes sociais não se distribuem de forma homogênea no território

*** O sistema de produção é função da localização e tipo de manancial utilizado e quantidade e qualidade de água disponível

Os itens a seguir, decorrentes dos estudos de caso, exemplificam as relações descritas na Tabela 7.1, procurando demonstrar como as dimensões de análise condicionaram a configuração dos sistemas de produção:

- [$F_{AI,INT}$; $F_{AI,FIN}$] a diferença de investimentos nas décadas de 1950/1960 e 1970/1980 representa a forma pela qual a conjuntura política, o contexto macroeconômico e o arranjo institucional do período influenciaram na configuração e implementação dos sistemas de produção de água em todos os casos estudados. Como verificado na Tabela 6.20, a crise no abastecimento foi sucedida pela construção de grandes sistemas de produção de água, que não teriam sido viáveis sem uma centralização administrativa, um mecanismo de financiamento sólido e uma orientação política favorável;
- [$F_{AI,SOC}$; $F_{AI,URB}$] o aumento da população, de uma forma geral, a falta de controle do uso e ocupação do solo e o crescimento desordenado da área urbana, principalmente da periferia, provocaram o aumento da demanda e o comprometimento da qualidade da água dos mananciais mais acessíveis (próximos ao centro). Nesse caso, fez-se necessária a instalação de sistemas de produção cada vez mais distantes (Figuras 6.3, 6.8, 6.12 e 6.19), a predominância de estações de tratamento de água do tipo convencional ou com sistemas mais sofisticados (Tabelas 6.4, 6.9, 6.12, 6.15 e 6.18) e de áreas de proteção ambiental cada vez maiores, em função do aumento das vazões (exemplo da Figura 6.9, em Belo Horizonte);
- [$F_{AI,AMB}$] a incorporação de uma unidade de tratamento de resíduos para o tratamento do lodo dos decantadores e da água utilizada na lavagem dos filtros da ETA do sistema Rio Manso, na Região Metropolitana de Belo Horizonte (Tabela 6.9) exemplifica a recente preocupação com os impactos ambientais resultantes do processo de tratamento de água.

Apesar dos exemplos fornecerem a idéia de que apenas as dimensões de análise influenciam a configuração dos sistemas de produção, ressalta-se que as relações apontadas permitem a avaliação no sentido contrário. A implementação dos sistemas Gurjaú e Monjope, em Recife, possibilitou a expansão da cidade nas direções sul e norte, como observado no item 6.5.2.

7.2.2 - Sistema de distribuição de água

A Tabela 7.2 apresenta as descrições das funções referentes ao sistema de distribuição de água segundo as dimensões de análise consideradas no modelo da Figura 7.3.

Tabela 7.2 - Componentes do modelo conceitual: sistema de distribuição de água

Político-institucional	Econômico-financeiro $F_{A2,FIN}$	Meio sócio-econômico $F_{A2,SOC}$	Espaço urbano $F_{A2,URB}$	Meio ambiente $F_{A2,AMB}$	Pública $F_{A2,SAP}$
A conjuntura política e o modelo institucional adotado determinam a prioridade dos investimentos e o modelo de administração dos serviços, apesar do exclusivo interesse local	A capacidade de investimento e de manutenção/ operação é determinada pela estrutura de arrecadação e financiamento, pelo contexto macroeconômico e pelo custo do sistema	Níveis mais baixos de renda domiciliar têm implicado no decréscimo dos índices de cobertura, o que caracteriza um padrão regressivo	A topografia e infra-estrutura do ambiente urbano e o padrão de ocupação definem a configuração espacial do sistema	Sem relações significativas	A redução das doenças do tipo feco-oral e não feco-oral está diretamente relacionada ao índice de cobertura

Os itens a seguir, provenientes dos estudos de caso, exemplificam as relações descritas na Tabela 7.2, procurando indicar como as dimensões de análise influenciaram na configuração dos sistemas de distribuição de água:

- [$F_{A1,INT}$; $F_{A1,FIN}$] os investimentos no sistema de distribuição deveriam acompanhar a evolução dos sistemas de produção, porém nem sempre o aumento da oferta de água resultou em ampliações equivalentes do índice de cobertura, como no exemplo de Recife: os grandes sistemas produtores de água foram implementados no período de 1974 a 1985, enquanto que a ampliação do sistema de distribuição se deu a partir de 1987. Por outro lado, o estabelecimento de um mecanismo de arrecadação compatível com os custos do sistema a partir da década de 1970 favoreceu a ampliação gradual dos sistemas de distribuição de água de Porto Alegre, à medida em que se aumentava a capacidade de produção de água;
- [$F_{A2,SOC}$] a distribuição desigual das classes sociais impôs, historicamente e com diferentes gradações, um padrão regressivo de atendimento por sistema de distribuição de água em todos os casos estudados. Com a ampliação dos sistemas, a diferença diminuiu, porém ainda pode ser verificada nos exemplos apresentados na Tabela 6.8 (Belo Horizonte) e na Figura 6.18 (Recife), que demonstram também a localização espacial bem caracterizada do déficit.
- [$F_{A2,URB}$] a distância em relação aos sistemas produtores, a baixa densidade demográfica, que diminui a economia de escala, e a localização em áreas de acesso limitado ou ambientalmente vulneráveis impõem dificuldades para a ampliação do sistema distribuição de água, como verificado, por exemplo, na região leste do aglomerado urbano de Goiânia e em Recife, que possui boa parte da população localizada em morros, alagados e áreas de proteção ambiental.

7.2.3 - Consumo de água potável e produção de esgotos sanitários

A Tabela 7.3 apresenta as descrições das funções referentes ao consumo de água potável e à produção de esgotos sanitários no âmbito do domicílio urbano segundo as dimensões de análise consideradas no modelo da Figura 7.3.

Tabela 7.3 - Componentes do modelo conceitual: consumo de água potável e produção de esgotos sanitários

Político-institucional $F_{A3,INT}$ $F_{E4,INT}$	E financeiro $F_{A3,FIN}$ $F_{E4,FIN}$	Me ec $F_{A3,SOC}$ $F_{E4,SOC}$	E urbano F F	Meio ambiente $F_{A3,AMB}$ $F_{E4,AMB}$	Pública $F_{E4,SAP}$
A tarifa, cobrada em função do consumo de água (produção de esgotos) pode ser utilizada como ferramenta para o controle da demanda	A estrutura tarifária determina o grau de autonomia financeira e, como consequência, a dependência de recursos externos	O consumo <i>per capita</i> de água e a produção <i>per capita</i> de esgotos são proporcionais ao nível de renda da população atendida	A localização e a tipologia do domicílio exercem influência na adoção de soluções individuais para o consumo de água e destino dos esgotos	O emprego de soluções individuais inadequadas para o consumo de água e destino dos esgotos produzidos podem acarretar danos ambientais	A qualidade e quantidade de água consumida têm relação com a diminuição de doenças de transmissão hídrica e relacionadas com a higiene

Os itens a seguir, provenientes dos estudos de caso, exemplificam as relações descritas na Tabela 7.3:

- [$F_{A3,INT}$; $F_{E4,INT}$] o controle da demanda pode ser induzido, por exemplo, por meio do emprego de tarifas progressivas, em que os valores unitários são crescentes para cada aumento da faixa de consumo. Essa política vem sendo adotada pelas companhias de saneamento em Belo Horizonte, Goiânia, Recife e no Distrito Federal e pelo DMAE em Porto Alegre, como mostrado na Figura 4.3;
- [$F_{A3,FIN}$; $F_{E4,FIN}$] a estrutura tarifária, função direta da cobrança pelo consumo de água (e produção de esgotos) é um componente importante para a determinação da capacidade de investimentos, como pode ser observado, por exemplo, nos casos de Porto Alegre, em meados da década de 1980 e do Distrito Federal, em meados da década de 1990. Após proceder mudanças na estrutura tarifária, tornando-a compatível com os custos dos sistemas, foram empreendidos substanciais aumentos nos índices de cobertura por sistemas de abastecimento de água, no primeiro caso, e por sistemas de coleta e transporte de esgotos sanitários, no segundo caso;
- [$F_{A3,SOC}$; $F_{E4,SOC}$] a relação entre o nível de renda da população e o consumo *per capita* de água pode ser verificada na Figura 3.5, para as regiões administrativas do Distrito Federal e de Belo Horizonte. Nesse caso, a localização das classes sociais no

território, segundo os padrões de segregação, implica em uma distribuição espacial diferenciada da demanda por água e, conseqüentemente, da produção de esgotos sanitários.

7.2.4 - Sistema de coleta e transporte de esgotos sanitários

A Tabela 7.4 apresenta as descrições das funções referentes ao sistema de coleta e transporte de esgotos sanitários segundo as dimensões de análise consideradas no modelo da Figura 7.3.

Tabela 7.4 - Componentes do modelo conceitual: sistema de coleta e transporte de esgotos sanitários

Político-institucional $F_{E5,INT}$	Econômico-financeiro $F_{E5,FIN}$	Meio sócio-econômico $F_{E5,SOC}$	Espaço urbano $F_{E5,URB}$	Meio ambiente $F_{E5,AMB}$	Saúde Pública $F_{E5,SAP}$
A conjuntura política e o modelo institucional adotado determinam a prioridade dos investimentos e o modelo de administração dos serviços, apesar do exclusivo interesse local	A capacidade de investimento e de manutenção/ operação é determinada pela estrutura de arrecadação, pelo contexto macroeconômico e pelo custo do sistema	O nível de renda e o índice de cobertura por rede de distribuição de água condicionam o atendimento por rede coletora de esgotos	O padrão de ocupação, a topografia e infra-estrutura do ambiente urbano e a bacia hidrográfica definem a configuração do sistema	A coleta de esgotos reduz o risco de contaminação de aquíferos subterrâneos, porém contribui para a degradação e eutrofização de corpos receptores na ausência de tratamento	A coleta de esgotos diminui o contato com águas poluídas, porém a disposição sem tratamento provoca riscos à saúde

Os itens a seguir, provenientes dos estudos de caso, exemplificam as relações descritas na Tabela 7.4, procurando indicar como as dimensões de análise influenciaram a configuração dos sistemas de coleta e transporte de esgotos sanitários:

- [$F_{E5,INT}$] a multiplicidade de competência para a provisão dos serviços de esgotos sanitários em Recife, como forma de compensar o déficit histórico, produziu um modelo de gestão ineficiente e uma indefinição institucional, comprometendo a qualidade do serviços, mantendo o baixíssimo índice de cobertura, de apenas 30%, e os graves problemas referentes à manutenção e operação dos sistemas existentes;
- [$F_{E5,FIN}$; $F_{E5,SOC}$] a questão sócio-econômica e os menores índices de cobertura se comparados aos sistemas de abastecimento de água, têm levado à busca por soluções alternativas e ao emprego de tecnologias de baixo custo para os sistemas de coleta de esgotos sanitários, como no caso do modelo condominial implementado em larga escala no Distrito Federal e em sistemas isolados em Recife (Tabela 6.19).

7.2.5 - Sistema de tratamento de esgotos sanitários

A Tabela 7.5 apresenta as descrições das funções referentes ao sistema de tratamento de esgotos sanitários segundo as dimensões de análise consideradas no modelo da Figura 7.3.

Tabela 7.5 - Componentes do modelo conceitual: sistema de tratamento de esgotos sanitários

Político-institucional F_{E6,INT}	Econômico-financeiro F_{E6,FIN}	Meio sócio-econômico F_{E6,SOC}	Espaço urbano F_{E6,URB}	Meio ambiente F_{E6,AMB}	Saúde Pública F_{E6,SAP}
A conjuntura política e o arcabouço institucional influenciam diretamente a capacidade de investimento em ETEs* e definem a forma de gestão dos sistemas	A capacidade de investimento e de manutenção/ operação é determinada pela estrutura de arrecadação e financiamento, pelo contexto macroeconômico e pelo custo do sistema	O nível de renda da população a ser beneficiada é determinante para a seleção do processo de tratamento a ser adotado	A área disponível, resultante do padrão de ocupação, é determinante na seleção do processo de tratamento a ser adotado	O processo de tratamento a ser adotado é função da qualidade e da capacidade de diluição do corpo receptor e dos riscos de eutrofização	A diminuição dos riscos à saúde pública depende da remoção de organismos patogênicos e do gerenciamento adequado do lodo gerado no processo

* Novos sistemas ou ampliação/recuperação de sistemas existentes

Os itens a seguir, decorrentes dos estudos de caso, exemplificam as relações descritas na Tabela 7.5:

- [F_{E6,INT}; F_{E6,FIN}] a falta de mecanismos de financiamento até a década de 1970 e as condições políticas e econômicas que respaldaram o modelo instituído pelo PLANASA, direcionando os investimentos para a implantação de grandes sistemas produtores de água, resultou em baixos índices de cobertura por sistemas de coleta de esgotos sanitários e, praticamente, na ausência de soluções em termos de tratamento dos esgotos coletados, como verificado, com algumas exceções, em todos os casos;
- [F_{E6,SOC}; F_{E6,AMB}] o emprego de processos menos sofisticados para o tratamento de esgotos pode ser motivado pelas condições sócio-econômicas da população a ser beneficiada, como no caso do tratamento de esgotos da maioria das cidades satélites do DF. Nesse caso, foram adotados processos anaeróbios (reatores UASB) e sistemas naturais (lagoas de estabilização e disposição controlada de esgotos no solo), como mostram a Figura 6.5 e a Tabela 6.5. Por outro lado, em função dos riscos de eutrofização do Lago Paranoá e do elevado padrão econômico da região, as ETEs da bacia do Lago Paranoá (Figura 6.5, Tabela 6.5) possuem processos mais sofisticados de tratamento com vistas à remoção de nutrientes;

- [F_{E6,URB}] o tipo de tratamento adotado pelas ETEs recém implementadas em Porto Alegre foi decidido, em grande parte, pela disponibilidade de área existente, no caso da ETE Ipanema (sistema de lagoas de estabilização), e pela ausência de área disponível no caso da ETE São João/Navegantes (sistema de lodos ativados), uma vez que as demais aspectos envolvidos na decisão são bastante parecidos: mesma eficiência de tratamento, vazões de projeto com a mesma ordem de grandeza e localização em regiões de perfil sócio-econômico equivalente.

Em todas as funções (itens 7.3.1 a 7.3.5), as relações descritas indicaram a influência da respectiva função na configuração de determinado sistema de saneamento. Entretanto, na prática, como indicado no próprio modelo conceitual (Figura 7.3), para a determinação do resultado final de cada sub-sistema (Equações 7.1 a 7.6) ou dos sistemas de abastecimento de água e de esgotos sanitários como um todo (Equações 7.13 ou 7.14), o que importa é a agregação das diferentes funções, com maior ou menor grau de influência. Nesse sentido, percebe-se que o contexto histórico em que a matriz está inserida é fundamental, implicando em diferentes resultados de acordo com a evolução das questões e dos cenários relacionados ao setor de saneamento.

Na fundamentação teórica (Capítulos 3 a 5), além da descrição das inter-relações de cada aspecto analisado, foi realizado um levantamento histórico de como esses aspectos evoluíram em função do tempo: itens 3.1 (O contexto da urbanização e do planejamento urbano no Brasil), 4.1 (Evolução histórica do setor de saneamento no Brasil) e 5.1 (Evolução histórica dos aspectos de saúde pública e meio ambiente relacionadas ao setor de saneamento). Esse levantamento, associado aos dados obtidos nos estudos de caso, que também possuíam um corte histórico, forneceu os subsídios necessários para se verificar, de forma simples e com base na matriz proposta, a evolução do setor de saneamento no Brasil. Nesse sentido, determinou-se como os diferentes aspectos analisados foram tendo papel decisivo na formulação dos planos e alternativas para os sistemas de abastecimento de água e de esgotos sanitários.

7.3 - ANÁLISE DO MODELO EM UMA PERSPECTIVA HISTÓRICA

O objetivo desta análise é o de descrever, ainda que de forma geral, os diferentes aspectos avaliados e suas relações com os componentes dos sistemas de abastecimento de água e de esgotos sanitários a partir de uma visão da evolução histórica do setor de saneamento no Brasil e, particularmente, nos cinco estudos de caso investigados. Para tanto, foi utilizada a periodização definida no balanço final dos estudos de caso (item 6.6): a) o início do século XX até a década de 1940; b) o período de acentuação do processo de

urbanização no Brasil, décadas de 1950 e 1960; c) o período de intervenção do PLANASA, décadas de 1970 e 1980; e d) a década de 1990 até os dias atuais.

A Figura 7.4 descreve algumas características das dimensões de análise e dos sistemas de abastecimento de água e de esgotos sanitários dos casos estudados no primeiro período de análise, com destaque para as ações do início do século XX, fundamentais para o processo de desenvolvimento das cidades.

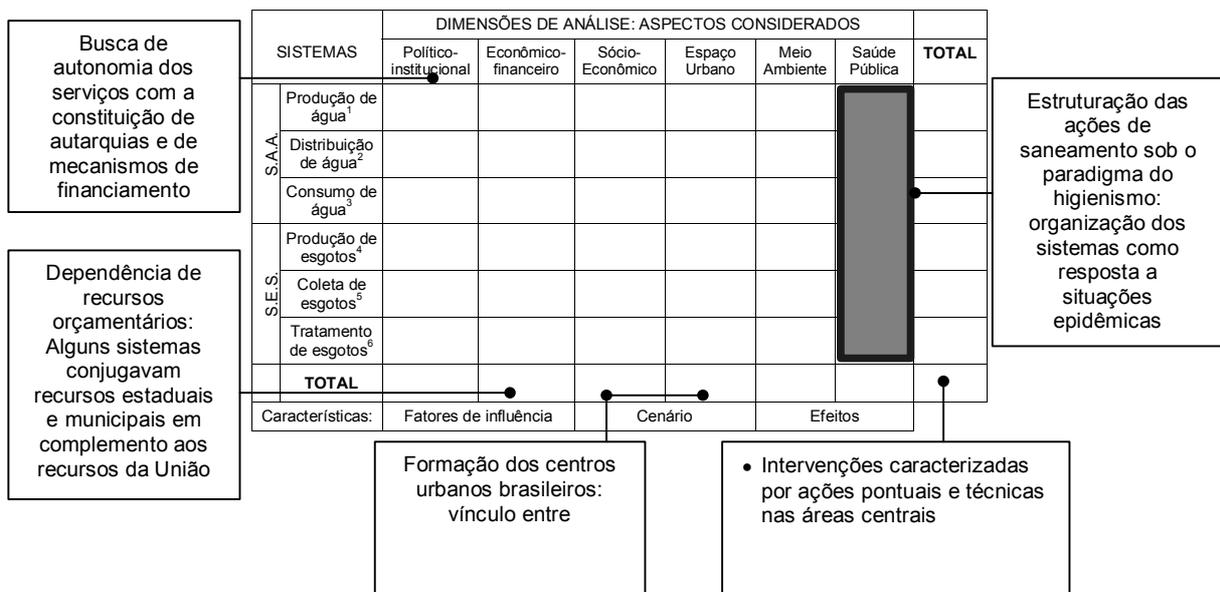


Figura 7.4 - Caracterização simplificada do período 1900-1940 a partir das dimensões de análise do modelo conceitual

No início do século XX, a questão do saneamento nas cidades era central, tendo como premissa a salubridade do meio e atuando como resposta a situações epidêmicas. O próprio planejamento urbano, em alguns casos, estava associado às exigências sanitárias e as ações de saneamento eram vistas como medidas de saúde, preventivas e corretivas. A dimensão de análise referente à saúde pública (ΣF_{SAP}), em destaque, pode ser considerada como a mais relevante da época, estabelecendo o vínculo entre a orientação das intervenções de saneamento e o planejamento urbano.

Como exemplos, podem ser citados: a) o Plano de Saneamento da cidade de Recife (1909-1915), elaborado por Saturnino de Brito; b) o projeto original de construção da cidade de Belo Horizonte, que tinha no saneamento um de seus componentes principais; e c) o plano de melhoramentos de Porto Alegre executado na administração de Otávio Rocha (1924-1928), orientado de forma a satisfazer três quesitos básicos: circulação, embelezamento e saneamento. Entretanto, assinala-se que, por trás dessa visão higienista, esses planos e intervenções, representando as ações do poder público, visavam adequar a cidade e sua população ao início do processo de industrialização, que se acentuou a partir da década de 1950.

Nas décadas de 1950 e 1960, em virtude do incremento no processo de urbanização, que levou ao crescimento vertiginoso das cidades, as dimensões que incluem o cenário resultante dessa urbanização, o espaço urbano (ΣF_{URB}) e o meio sócio-econômico (ΣF_{SOC}), podem ser consideradas como definidoras dos sistemas de saneamento nessa época, pois impuseram dificuldades de tal ordem, que impossibilitaram o mesmo ritmo para a provisão dos serviços. Com efeito, as questões ambientais ainda não tinham emergido, pelo menos no Brasil, e, apesar das preocupações com os índices de mortalidade por doenças de transmissão hídrica, as ações de saneamento perdiam importância como ação de saúde pública. Por outro lado, a capacidade de investimento, completamente dependente de recursos orçamentários, e a falta de um modelo de gestão, faziam com que o poder local, responsável pelos sistemas de saneamento, não tivesse condições de acompanhar o crescimento da demanda. A Figura 7.5 descreve algumas características das dimensões de análise e dos sistemas de abastecimento de água e de esgotos sanitários nas décadas de 1950 e 1960.

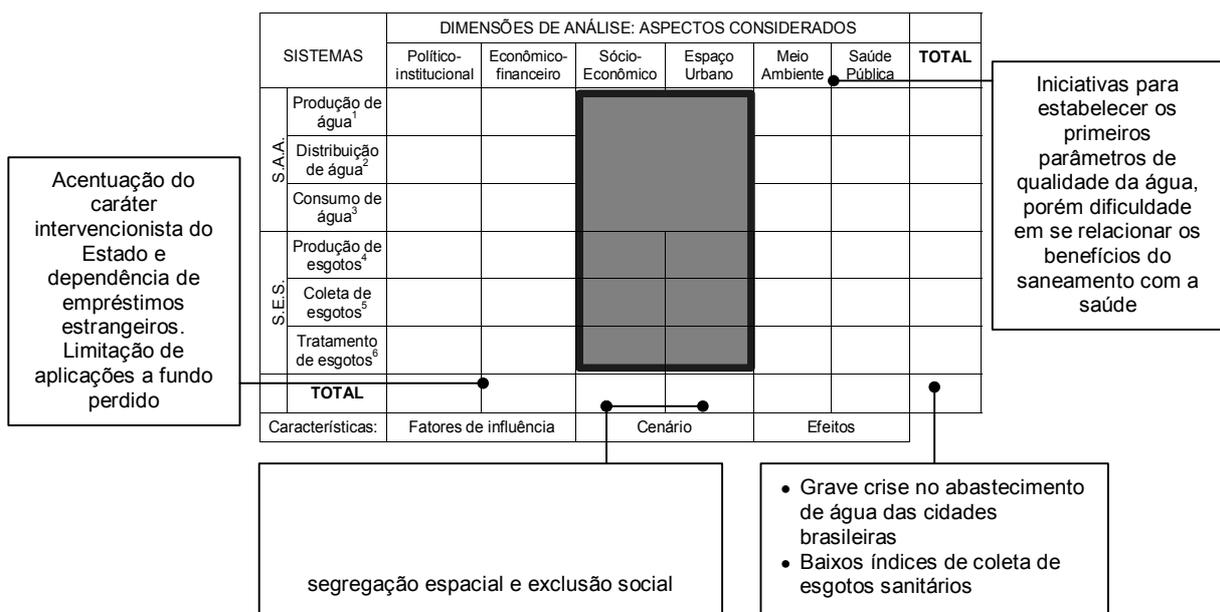


Figura 7.5 - Caracterização simplificada do período 1950-1960 a partir das dimensões de análise do modelo conceitual

A grave crise no abastecimento de água das grandes cidades e a ausência de soluções relativas à coleta de esgotos sanitários completavam o cenário da época, como mostraram, por exemplo, os casos de Porto Alegre e, principalmente, Belo Horizonte e Recife. Desde meados da década de 1930, acentuou-se em Belo Horizonte um forte descompasso entre o crescimento da população e a capacidade de produção dos sistemas instalados (sistemas Serra/Mangabeiras, Carangola, Ibirité e represa da Pampulha). As sucessivas captações em pequenos mananciais (implementação dos sistemas Catarina e

Morro Redondo) e a utilização de poços profundos não foram capazes de resolver a situação, que se tornou especialmente crítica a partir do final da década de 1950. Em Porto Alegre e Recife, o acelerado desenvolvimento urbano e a sobrecarga dos sistemas de abastecimento de água existentes também levaram a utilização de outros mananciais, respectivamente, o reservatório da Lomba do Sabão e sistema Monjope (Alto do Céu). As cidades de Brasília e Goiânia, por serem mais recentes, não sofreram tão fortemente esses reflexos, apesar do aumento populacional também ter sido verificado. Ressalta-se que a grande maioria dos sistemas de produção utilizava mananciais de pequeno porte, com captações em barragem de nível.

Com relação aos sistemas de esgotos sanitários, o caso de Brasília é particular. Na década de 1960, com vistas à preservação do Lago Paranoá e privilegiando a zona nobre central, duas estações de tratamento de esgotos foram construídas na área do Plano Piloto, adotando o processo convencional de lodos ativados. Uma outra estação, de menor porte, também foi construída nesse período, atendendo a Região Administrativa de Sobradinho. Essas estações constituíram-se em uma exceção à prática verificada no resto do país, resultado, em grande parte, da influência política e econômica da recém inaugurada capital federal. Nas outras cidades, Belo Horizonte, Goiânia, Porto Alegre e Recife, excetuando-se pequenas intervenções, as redes coletoras eram praticamente as mesmas do início do século XX e dos períodos de construção das cidades mais novas. A questão do tratamento também foi negligenciada, com referência, apenas, às ETEs Cabanga e Peixinhos em Recife e a dois tanques Imhoff seguidos de filtros biológicos operados em Porto Alegre.

O fim desse segundo período (1950-1960) é marcado pela instalação de um novo padrão de intervenção estatal, cuja principal característica foi o caráter centralizador das políticas sob comando do governo federal. A criação do PLANASA, em 1971, constituiu no grande modelo institucional do setor de saneamento no Brasil, imprimindo uma configuração praticamente única para os sistemas de saneamento nas cidades brasileiras, tendo como base critérios econômico-financeiros. Esses critérios explicam, em parte, a grande diferença entre os maciços investimentos em sistemas de abastecimento de água e os escassos investimentos em sistemas de esgotos sanitários, o que resultou nos grandes sistemas de produção de água e na ampliação significativa das redes de distribuição, principalmente nos grandes centros. Essa tendência começou a se modificar a partir de meados da década de 1980, em que o contexto brasileiro foi marcado pelo fim da intervenção acentuada do governo federal no espaço urbano, pela abertura política, pela crise econômica e pelo fim dos financiamentos federais.

A Figura 7.6 descreve algumas características das décadas de 1970 e 1980, período influenciado sobremaneira pelo modelo instituído pelo PLANASA.

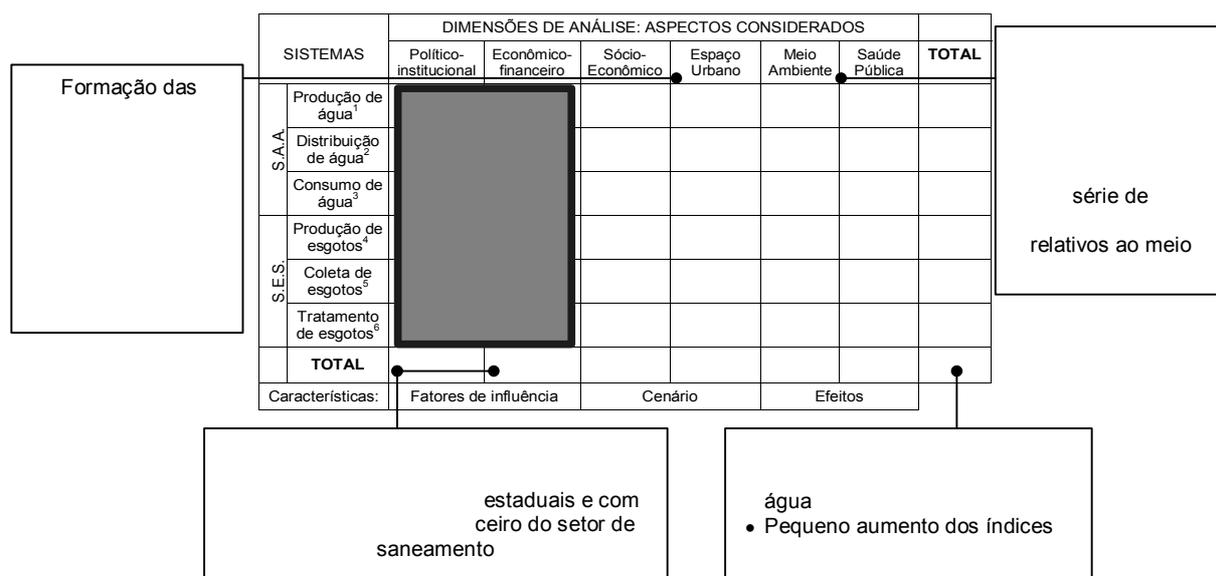


Figura 7.6 - Caracterização simplificada do período 1970-1980 a partir das dimensões de análise do modelo conceitual

Os dados dos estudos de caso confirmam o enfoque absoluto nos sistemas de produção de água durante as décadas de 1970 e 1980:

- no Distrito Federal, o período foi marcado pelo início de operação dos dois principais sistemas de produção de água, Santa Maria (1.260 L/s) e Descoberto (5.100 L/s), captações realizadas em barragens de acumulação que foram implementadas, respectivamente, em 1970 e 1979;
- na região de Belo Horizonte, a década de 1970 representa o início de operação do sistema Rio das Velhas e do sistema Vargem das Flores (iniciativa original do município de Contagem). A partir da década de 1980, são implementados dois outros sistemas na bacia do rio Paraopeba, sistema Serra Azul e sistema Rio Manso (inaugurado em 1991);
- em Goiânia, a década de 1980 é marcada pela ampliação do sistema João Leite para cerca de 2.000 L/s e pela implementação do sistema Meia Ponte (capacidade instalada de 2.000 L/s), além de uma significativa ampliação da rede de distribuição;
- em Porto Alegre, a década de 1970 significou o período de maior desenvolvimento do sistema de abastecimento de água, a partir da instalação de novas captações no Lago Guaíba e da construção de ETAs e elevatórias. Já em 1981, segundo dados do DMAE (2001), 98% da população da cidade era atendida por rede de distribuição;
- na região de Recife, entre 1974 e 1985, foram implementados, em ordem cronológica, os seguintes sistemas: Tapacurá, Duas Unas, Suape e Botafogo, com uma capacidade total instalada de, aproximadamente, 6.800 L/s. Todos os sistemas possuem captações em barragens de acumulação e ETAs que adotaram o processo convencional de tratamento.

Ao contrário do verificado para os sistemas de abastecimento de água, os investimentos em esgotos sanitários foram mínimos. Apesar da existência de vários Planos Diretores e projetos, verificou-se pouca ampliação dos sistemas de coleta e transporte de esgotos sanitários e apenas soluções pontuais, e por vezes mal dimensionadas ou operadas, em termos de sistemas de tratamento: Distrito Federal (algumas lagoas de estabilização que, com exceção do sistema da cidade satélite de Brazlândia, já foram desativadas); Goiânia (duas ETEs já desativadas) e Porto Alegre (pequenos sistemas de lodos ativados com aeração prolongada e uma estação experimental utilizando lagoas de estabilização).

A análise das Figuras 7.4, 7.5 e 7.6, permite verificar um deslocamento dos aspectos mais relevantes quando da implementação dos sistemas de abastecimento de água e de esgotos sanitários desde o início do século XX até a década de 1980, começando com a maior importância dos aspectos de saúde pública até chegar ao modelo de intervenção do PLANASA, com ênfase na centralização institucional e nos mecanismos de financiamento. Entendendo essa evolução como um processo, verificou-se que a passagem de uma dimensão para a outra não se deu por acaso, nem de forma abrupta, mas sim como resultado de uma conjuntura que, mesmo em uma análise superficial, consegue ser bem retratada pelos aspectos considerados na matriz.

A partir da década de 1990, é mais difícil encontrar um padrão tão claro como o observado nos três períodos estudados. Em princípio, todas as dimensões parecem influir, com diferentes gradações, nas ações de saneamento e a busca por um novo modelo ainda encontra-se indefinida. Entretanto, o esgotamento do modelo do PLANASA, o déficit ainda existente com relação ao atendimento por sistemas de esgotos sanitários e o crescimento da consciência ambiental e da preocupação com a preservação dos recursos hídricos parecem apontar para o fortalecimento da dimensão relacionada ao meio ambiente.

Além disso, a década de 1990 também trouxe mudanças no panorama administrativo: globalização, novas tecnologias e novos métodos de gestão e produção. Diante desse quadro, as empresas de saneamento têm sido, cada vez mais, levadas a atuar em um ambiente de competitividade, para o qual procuram capacitar-se técnica e administrativamente objetivando a melhoria da qualidade dos serviços prestados. De forma geral, com relação aos sistemas de abastecimento de água, privilegiou-se, além desses aspectos, a ampliação do sistema de distribuição para áreas de menor poder aquisitivo, a preservação ambiental dos mananciais já explorados e a garantia da qualidade da água distribuída.

No caso dos sistemas de esgotos sanitários, verificou-se uma ampliação das redes coletoras em todas as cidades investigadas, destacando-se a substituição do sistema combinado em Porto Alegre e a utilização do sistema condominial no Distrito Federal e em

Recife. No que se refere ao tratamento, ressalta-se o início de grandes obras em Belo Horizonte (ETE Arrudas, com a 1ª etapa em operação e ETE Onça) e Goiânia (ETE Anicuns) e a implementação considerável de ETEs em Porto Alegre e, principalmente, no Distrito Federal.

Em Porto Alegre, além de pequenos sistemas (ETEs Rubem Berta, Vila Esmeralda e Lami) implementados no início da década de 1990, destaca-se o trabalho de recuperação da qualidade das águas do Lago Guaíba, com a construção das ETEs Ipanema e Belém Novo (lagoas de estabilização) e ETE São João/Navegantes (lodos ativados convencional). No Distrito Federal, destacam-se a reformulação do processo de tratamento das estações mais antigas (casos da ETE Brasília Sul, ETE Brasília Norte e ETE Sobradinho) e a implementação de 10 novas estações de tratamento, que adotaram processos anaeróbios e naturais de tratamento (lagoas de estabilização e disposição controlada no solo). Devido ao ainda baixo índice de atendimento por rede coletora, não se registrou investimentos no tratamento de esgotos em Recife, com exceção de pequenos sistemas implementados de forma bastante descentralizada.

7.4 - APLICABILIDADE DO MODELO COMO INSTRUMENTO DE PLANEJAMENTO

A análise dos diferentes períodos apresentada no item 7.3 evidenciou, ainda que de forma simplificada, uma alternância dos aspectos condicionantes das ações de saneamento a partir de mudanças nas funções do modelo conceitual. Essa perspectiva remete à Figura 2.1 da Metodologia (Capítulo 2), em que uma situação observada (cenário t) evolui para uma situação desejada (novo cenário t') por meio de um processo de planejamento que pode ser representado, caso exista uma teoria que associe os elementos desse processo, por um modelo. Observa-se, entretanto, que nem sempre a segunda situação é resultado do planejamento, podendo-se atingir um novo cenário (t') justamente pelo processo inverso, a falta de planejamento a partir da primeira situação (cenário t). Esse parece ser o caso do setor de saneamento no Brasil. De fato, até o momento, a marca dos sistemas de abastecimento de água e de esgotos sanitários no Brasil e, particularmente, nas cinco cidades investigadas foi a falta de planejamento e a lógica de atendimento às demandas emergentes.

Como se trata da construção de um instrumento de planejamento, o objetivo do modelo é o de retratar, por meio de suas dimensões de análise e funções, esse tipo de situação em que as variações de cada componente da matriz que resultem em mudanças no cenário de planejamento dos sistemas de abastecimento de água e de esgotos sanitários. Nesse sentido, o exercício empreendido no item 7.3 demonstrou que dois fatores são fundamentais para essa caracterização: o resultado da função (que é variável em

função do tempo) e seu grau de importância, ou magnitude, que determinam, a partir da agregação em uma função global, a configuração dos referidos sistemas de saneamento.

Ressalta-se, ainda, que o item 7.3 apresentou considerações sobre a questão do planejamento em nível nacional, o que foi pertinente em face ao caráter centralizador do setor de saneamento nas épocas avaliadas e em função dos resultados obtidos com os estudos de caso, que apresentaram o mesmo padrão de organização urbana. Embora o modelo conceitual deva ser capaz de representar o processo de planejamento (ou a falta desse) em qualquer circunstância, o estabelecimento das funções em uma escala local facilita a sua construção e retroalimentação.

Na medida em que se trabalha com um número considerável de funções, deve-se atentar para o fato de que as inter-relações entre os componentes da matriz vão se alterando, na medida em que novos fatores surgem, como, por exemplo, a implementação de um novo arranjo institucional, a mudança de orientação tecnológica, o aumento de restrições ambientais, etc. No âmbito do município ou de um planejamento local, o impacto dessas transformações é melhor identificado e avaliado, permitindo que as relações existentes no modelo sejam modificadas, permitindo indicar os aspectos que condicionam o processo de tomada de decisão. No entanto, como se trata apenas de um modelo conceitual, deve-se ressaltar que ainda existem várias etapas do processo de modelagem a serem cumpridas (vide Figura 2.2), de modo que o modelo se transforme, efetivamente, em um instrumento para o planejamento de sistemas de saneamento em centros urbanos.

Com esse propósito, além das possíveis modificações do modelo em si (dimensões de análise, sistemas e funções) três linhas gerais podem ser identificadas como pontos de partida para futuras contribuições: a) a incorporação de outras ações de saneamento, tais como a drenagem urbana e o gerenciamento de resíduos sólidos; b) a possibilidade prática de converter as inter-relações teóricas em relações matemáticas; e c) a análise de outros métodos de representação de sistemas.

Como a realidade local, a integração com o planejamento urbano e a concepção de saneamento integrado são atributos importantes para o modelo, é importante verificar a possibilidade de que outras ações de saneamento sejam consideradas, particularmente, as relacionadas com a drenagem urbana e a coleta e disposição final de resíduos sólidos. Para tanto, como enfatizado no item 7.1, deve-se considerar os elementos que foram fundamentais para a formulação teórica do modelo: o domicílio urbano e o ciclo urbano de uso da água.

Em um primeiro momento, a associação dos resíduos sólidos com o domicílio urbano é imediata, assim como a consideração da drenagem urbana implica em uma ampliação do ciclo urbano da água. Entretanto, verifica-se que o domicílio urbano também pode ser considerado como uma unidade funcional no caso da drenagem, pois condiciona o traçado

das redes e a implementação dos componentes do sistema (bocas de lobo, sarjetas, etc.) em função do uso e ocupação do solo e que, no caso dos resíduos sólidos, o fluxo de materiais pode ser integrado ao ciclo urbano da água. Desse modo, em uma primeira análise, verifica-se que tanto a drenagem urbana como a coleta e disposição final de resíduos sólidos encontram espaço para a incorporação no modelo conceitual proposto. Entretanto, todo o trabalho de fundamentação teórica deve ser realizado de modo a se verificarem os aspectos político-institucionais e econômico-financeiros dos respectivos setores, o impacto da urbanização e os efeitos no meio ambiente e na saúde pública.

A transformação das relações descritivas em funções matemáticas, por sua vez, advém do próprio processo de modelagem (Figura 2.2) e da necessidade de uma maior facilidade operacional para que o modelo conceitual apresentado se transforme em um instrumento de planejamento eficaz. Como ressaltado anteriormente, uma das vantagens do formato matricial é a possibilidade de se operar matematicamente a partir de um valor numérico para cada função, de modo a se atribuir um certo valor para a função global. Apesar da definição de equações matemáticas ser uma seqüência natural, a abordagem pode ser insatisfatória ou até mesmo inviável. As equações matemáticas podem não mostrar as relações de causalidade entre os aspectos envolvidos no modelo e não incorporar as descrições dos processos e situações já identificadas, que são elementos fundamentais para o planejamento.

Nesse sentido, é importante que se avalie também outros métodos de representação das inter-relações e dos conceitos envolvidos. Entre as várias possibilidades, a representação de causalidade e a descrição de conceitos podem ser obtidas, por exemplo, por meio de técnicas desenvolvidas em uma área da Inteligência Artificial, o raciocínio qualitativo (Charniak e McDermott, 1985). No caso de se enfatizar o processo de tomada de decisão e controle, o modelo pode ser desenvolvido a partir de métodos de representação de sistemas complexos. Nessa linha, metodologias de representação de sistemas, como as descritas por Checkland (1981) e Le Moigne (1990) podem ser investigadas.

Em todos os casos, é necessário proceder a uma ampliação da análise comparativa com estudos de caso em cidades de diferentes tamanhos e características no Brasil e, se possível, em outros países em desenvolvimento. Além disso, ressalta-se a importância de se realizar um estudo de caráter multidisciplinar, incorporando contribuições de outras ciências para o melhor entendimento dos diferentes contextos relacionados às ações de saneamento.

8 - CONCLUSÕES

A formulação do modelo conceitual teve como objetivo fundamentar e estabelecer as relações entre os componentes dos sistemas de abastecimento de água e de esgotos sanitários e as diferentes dimensões de análise que compõem o planejamento desses sistemas em centros urbanos. Desse modo, a partir da hipótese inicial que definiu os aspectos a serem considerados no modelo, as relações foram desenvolvidas com base em uma fundamentação teórica, apoiada na elaboração de três artigos técnicos, e no levantamento de dados em cinco grandes cidades brasileiras (Brasília, Belo Horizonte, Goiânia, Porto Alegre e Recife). Com relação ao próprio processo de desenvolvimento do modelo e aos resultados obtidos quando de sua formulação, destacam-se as seguintes conclusões:

- a compreensão dos aspectos envolvidos no planejamento de sistemas de saneamento teve como base a análise do ciclo urbano de uso da água em uma perspectiva histórica. Isso permitiu caracterizar a evolução do setor de saneamento no Brasil, em seus aspectos teóricos, e o desenvolvimento urbano e dos sistemas de abastecimento de água e de esgotos sanitários nas cinco cidades brasileiras investigadas;
- a fundamentação teórica, estruturada na forma de três artigos técnicos, priorizou, a partir da formulação de uma hipótese inicial, a sistematização e avaliação crítica das diversas interfaces do setor de saneamento (aspectos políticos, institucionais, financeiros, econômicos, sociais, urbanísticos, ambientais e de saúde), direcionando a extensa pesquisa bibliográfica de forma objetiva para a definição dos elementos a serem utilizados no modelo;
- a análise do processo de urbanização no Brasil permitiu verificar que as ações de saneamento encontram-se distantes das práticas de planejamento urbano e que a configuração dos sistemas de abastecimento de água e de esgotos sanitários resulta, em parte, das condições sócio-econômicas, das características físicas e ambientais do espaço urbano e das formas de uso e ocupação do solo;
- a avaliação dos aspectos político-institucionais e econômico-financeiros do setor de saneamento no Brasil praticamente coincidiu com a avaliação das próprias ações de saneamento, uma vez que esses foram aspectos condicionantes que determinaram a forma e o ritmo dos investimentos;
- a avaliação das relações entre o saneamento, a saúde pública e o meio ambiente demonstrou, em uma análise histórica, o distanciamento das ações de saneamento como uma ação de saúde pública e o crescimento da dimensão ambiental no processo de tomada de decisão, além de indicar a possibilidade de uma diferenciação e

sistematização dos efeitos diretos na saúde e no meio ambiente provenientes da implementação de sistemas de abastecimento de água e de esgotos sanitários;

- os cinco estudos de caso permitiram a verificação prática dos efeitos do processo de urbanização e da evolução do sistemas de abastecimento de água e de esgotos sanitários nas cidades investigadas, indicando, pela influência da conjuntura nacional em diferentes períodos, uma certa padronização das ações de saneamento, em particular, e dos problemas urbanos, em geral;
- o modelo conceitual, proposto na forma de uma matriz, conciliou os diversos aspectos envolvidos no planejamento dos sistemas de abastecimento de água e de esgotos sanitários de uma forma simples e sistematizada, possibilitando o estabelecimento de inter-relações entre os componentes desses sistemas e as dimensões de análise que condicionam o processo de tomada de decisão.

A proposta do modelo conceitual não se encerra em sua concepção. Na verdade, devido à complexidade da questão do planejamento, o modelo conceitual consiste em um ponto de partida para a consecução de um objetivo maior e ainda distante, a formulação de um instrumento de planejamento e a reintegração das ações de saneamento ao planejamento das cidades. Com esse intuito, vários são os caminhos que podem ser delineados a partir da formulação do modelo conceitual: a) a verificação do modelo propriamente dito, de modo a avaliar a sua concepção, as dimensões de análise envolvidas, os sistemas de saneamento considerados e as inter-relações propostas; b) a ampliação do modelo, consistindo na incorporação de outras dimensões de análise e ações de saneamento, tais como as relacionadas com a drenagem urbana e o gerenciamento de resíduos sólidos; c) o teste de outros tipos de modelos conceituais, tais como os baseados no raciocínio qualitativo e em metodologias de representação de sistemas complexos; d) a análise comparativa de um maior número de estudos de caso; e e) a incorporação de contribuições de outras ciências, em função da importância da questão do planejamento nos centros urbanos e das várias interfaces do setor de saneamento.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ABES - Associação Brasileira de Engenharia Sanitária e Ambiental. (1983). "Goiás reformula projeto para abastecer capital". *Engenharia Sanitária*, **22**(4), 462-463.
- ABES - Associação Brasileira de Engenharia Sanitária e Ambiental. (1985). "Esgoto sanitário para 1 milhão de habitantes". *Engenharia Sanitária*, **24**(2), 200.
- ABES - Associação Brasileira de Engenharia Sanitária e Ambiental. (1998). "CAESB: saneamento para todos". *Revista Brasileira de Saneamento e Meio Ambiente - Bio*, **IX**(5), 28-43.
- ABES - Associação Brasileira de Engenharia Sanitária e Ambiental. (2001a). "O Brasil busca uma lei para o saneamento". *Revista Brasileira de Saneamento e Meio Ambiente - Bio*, **XI**(17), 10-14.
- ABES - Associação Brasileira de Engenharia Sanitária e Ambiental. (2001b). "Saneamento ambiental I: esgoto é prioridade no país". *Revista Brasileira de Saneamento e Meio Ambiente - Bio*, **XI**(18), 42-48.
- ABNT - Associação Brasileira de Normas Técnicas. (1986). *NBR 9649 - Projeto de redes coletoras de esgotos sanitários*. Rio de Janeiro, RJ.
- ABNT - Associação Brasileira de Normas Técnicas. (1992). *NBR 12.216 - Projeto de estações de tratamento de água*. Rio de Janeiro, RJ.
- ABNT - Associação Brasileira de Normas Técnicas. (1994). *NBR 12.218 - Projeto de rede de distribuição de água para abastecimento público*. Rio de Janeiro, RJ.
- Abramo, P. (2001). *Mercado e ordem urbana: do caos à teoria da localização residencial*. Bertrand Brasil/FAPERJ, Rio de Janeiro, RJ, 224p.
- Acioly, C. e Davidson, F. (1998). *Densidade urbana: um instrumento de planejamento e gestão urbana*. Mauad, Rio de Janeiro, RJ, 93p.
- Alaburda, J. e Nishihara, L. (1998). "Presença de compostos de nitrogênio em águas de poços". *Revista de Saúde Pública*, **32**(2), 160-165.
- Almeida, M.S. de (1999). "Gestores da cidade e seus regulamentos urbanísticos: Porto Alegre de 1893 a 1959". In: Leme, M.C. da S. (coord.) *O urbanismo no Brasil 1895-1965*. Studio Nobel/FAUUSP/FUPAM, São Paulo, SP, 102-119.
- ANA - Agência Nacional de Águas (2002). *Programa Despoluição de Bacias Hidrográficas - PRODES, Manual de Operações, versão 2002.0*, ANA, Brasília, DF, 119p.
- Andrade Neto, C.O. (1985). "Uma solução eficaz e de baixo custo para o esgotamento sanitário urbano". *Engenharia Sanitária*, **24**(2), 239-241.
- Andrade, L.M.V. (1993). "Porto Alegre: indagações sobre desenho e estrutura". In: Panizzi, W.M. e Rovatti, J.F. (orgs.) *Estudos urbanos: Porto Alegre e seu planejamento*, Editora da UFRGS, Porto Alegre, RS, 73-86.
- Andrade, M.C. de (1979). *Recife: problemática de uma metrópole de região subdesenvolvida*. Editora Universitária, Recife, PE, 120p.
- Anjos, R.S.A. dos (1996). *Modelagem dos processos espaciais formadores da dinâmica urbana no Distrito Federal do Brasil*. Tese de Doutorado, Universidade de São Paulo, Departamento de Engenharia de Transportes, São Paulo, SP, 220p.
- Araújo Jr., I.C., Freire, W.R.T. e César, M.C.M. (1996). "Dimensionamento de redes de abastecimento de água com diâmetro reduzido". *Anais da XXII Assembléia Nacional da ASSEMAE*, 175-177, Belo Horizonte, BH.
- Araújo, R. (1999). "Regulação da prestação de serviços de saneamento básico - abastecimento de água e esgotamento sanitário". In: *Infra-estrutura: perspectivas de reorganização; saneamento*. IPEA, Brasília, DF, 47-74.

- Arceivala, S.J (1986). *Wastewater treatment for pollution control*. New Delhi, India, McGraw-Hill, 187p.
- Arrais, T.P.L. (2001). "As imagens da cidade e a produção do urbano". In: Cavalcanti, L. de S.(org.) *Geografia da cidade: a produção do espaço urbano de Goiânia*. Editora Alternativa, Goiânia, GO, 177-235.
- Arretche, M.T.S. (1995). "Política nacional de saneamento: a reforma do sistema na perspectiva das principais entidades do setor". *Anais do VI Encontro Nacional da ANPUR: modernidade, exclusão e a espacialidade do futuro*, 64-77, Brasília, DF.
- Arretche, M.T.S. (1999). "Política nacional de saneamento: a reestruturação das companhias estaduais". In: *Infra-estrutura: perspectivas de reorganização; saneamento*. IPEA, Brasília, DF, 75-106.
- Bastos, R.K.X., Heller, L., Formaggia, D.M.E., Amorim, L.C., Sanchez, P.S., Bevilacqua, P.D., Costa, S.S. e Cancio, J.A. (2001). "Revisão da Portaria 36 GM/90: premissas e princípios norteadores". *Anais do 21º Congresso Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental*. ABES, João Pessoa, PB.
- Bendati, M.M., Neuvald, I.C., Staruck, J., Facchin, J., Faccin, M., Rodrigues, M.D., Passos, M.H. dos, Tomatis, P.P. e Rossi, R.B. (1999a). "Mapa do sistema de abastecimento de água tratada". In: Menegat, R. (coord.) *Atlas ambiental de Porto Alegre*. UFRGS/PMPA/INPE, 2ª.ed., Porto Alegre, RS, 181-182.
- Bendati, M.M., Facchin, J., Viero, O., Konrad, J., Soares, P., Staruck, J., Alves, S. e dos Santos, J. (1999b). "Mapa do sistema de esgotamento sanitário". In: Menegat, R. (coord.) *Atlas ambiental de Porto Alegre*. UFRGS/PMPA/INPE, 2ª.ed., Porto Alegre, RS, 183-184.
- Bernardes, G.D. (1998). *Goiânia, cidade planejada/cidade vivida: discurso e cultura da modernidade*. Tese de Doutorado, Universidade de Brasília, Departamento de Sociologia, Brasília, DF, 250p.
- Braga Netto, P. (2001). "Sustentabilidade ameaçada". In: Fonseca, F.O. (org.) *Olhares sobre o Lago Paranoá*. Secretaria de Meio Ambiente e Recursos Hídricos, Brasília, DF, 167-189.
- Branco, S.M. (1991). "Aspectos institucionais e legais do controle da poluição". In: Porto, R.L.L. (org.) *Hidrologia ambiental*. ABRH/EDUSP, São Paulo, SP, 349-373.
- Branco, S.M. (1999). *Ecossistêmica: uma abordagem integrada dos problemas do meio ambiente*. Ed. Edgard Blücher, 2ª ed., São Paulo, SP, 202p.
- Bratby, J.R. (1986). "Optimizing direct filtration in Brasília". *Journal of the American Water Works Association*, **78**(7), 106-115.
- Briscoe, J. (1984). "Intervention studies and the definition of dominant transmission routes". *American Journal of Epidemiology*, **120**(3), 449-455.
- Briscoe, J. (1987). "Abastecimiento de agua y servicios de saneamiento; su función en la revolución de la supervivencia infantil". *Boletín de la Oficina Sanitaria Panamericana*, **103**(4), 325-339.
- Brum, A.J. (1990). *O desenvolvimento econômico brasileiro*. Vozes, Petrópolis, RJ, 220p.
- Bueno, L.M. de M. (1994). *O saneamento na urbanização de São Paulo*. Dissertação de Mestrado, USP, Faculdade de Arquitetura e Urbanismo, SP, 200p.
- Buescu, M. (1985). *Brasil: problemas econômicos e experiência histórica*. Editora Forense Universitária, Rio de Janeiro, RJ, 253p.
- Burkhard, R., Deletic, A. e Craig, A. (2000). "Techniques for water and wastewater management: a review of techniques and their integration in planning". *Urban Water*, **2**(3), 197-221.
- Burnett, J.A.B., Mattos, S.P. e Azzolin, N.M.P. (2001). "Intervenções da companhia de saneamento". In: Fonseca, F.O. (org.) *Olhares sobre o Lago Paranoá*. Secretaria de Meio Ambiente e Recursos Hídricos, Brasília, DF, 199-211.

- CAESB - Companhia de Saneamento do Distrito Federal. (2000). *Plano Diretor de água, Esgotos e Controle da Poluição Hídrica do Distrito Federal - Relatório Síntese*. CAESB/Engevix, Brasília, DF, 93p.
- CAESB - Companhia de Saneamento do Distrito Federal. (2000). *SIÁGUA - Sinopse do Sistema de Abastecimento de Água do Distrito Federal*. Brasília, DF, 132p.
- CAESB - Companhia de Saneamento do Distrito Federal. (2001). *SIESG - Sinopse do Sistema de Esgotos Sanitários do Distrito Federal*. Brasília, DF.
- Cairncross, S. (1984). "Aspectos de saúde nos sistemas de saneamento básico". *Engenharia Sanitária*, **23**(4), 334-338.
- Cairncross, S. (1989). "Water supply and sanitation: an agenda for research". *Journal of Tropical Medicine and Hygiene*, **92**, 301-314.
- Cairncross, S. e Feachem, R.G. (1990). *Environmental health engineering in the tropics: an introductory text*. John Wiley & Sons, 4^aed., Chichester, UK, 283p.
- Cairncross, S. e Kolsky, P.J. (1997). "Re: Water, waste and well-being: a multicountry study". Letter to the Editor, *American Journal of Epidemiology*, **146**(4), 359-360.
- Cairncross, S., Blumenthal, U., Kolsky, P., Moraes, L. e Tayeh, A. (1996). "The public and domestic domains in the transmission disease". *Tropical Medicine and International Health*, **1**(1), 27-34.
- Camagni, R., Capello, R. e Nijkamp, P. (1998). "Towards sustainable city policy: an economy-environment technology nexus". *Ecological economics*, **24**, 103-118.
- Campos, H.M. e von Sperling, M. (1996). "Estimation of domestic wastewater characteristics in a developing country based on socio-economic variables". *Water Science and Technology*, **34**(3-4), 71-77.
- Campos, J.R. (org.) (1999). *Tratamento de esgotos por processo anaeróbico e disposição controlada no solo*. ABES, Rio de Janeiro, RJ, 464p.
- Cánepa, E.M., Pereira, J.S., e Lanna, A.E. (1999). "A política de recursos hídricos e o princípio usuário-pagador (PUP)". *Revista Brasileira de Recursos Hídricos*, **4**(1), 103-117.
- Caplan, K. e Jones, D. (2001). "Measuring the effectiveness of multi-sector approaches to service provision". 2nd IWA World Water Congress, Berlin, Germany.
- Carstensen, J., Vanrolleghem, P., Rauch, W. e Reichert, P. (1997). "Terminology and methodology in modelling for water quality management - a discussion starter". *Water Science and Technology*, **36**(5), 157-168.
- Cavalcanti, L. de S. (2001). "Geografia da cidade: a produção do espaço urbano em Goiânia". In: Cavalcanti, L. de S.(org.) *Geografia da cidade: a produção do espaço urbano de Goiânia*. Editora Alternativa, Goiânia, GO, 11-33.
- Cesano, D. e Gustaffson, J.E. (2000). "Impact of economic globalisation on water resources. A source of technical, social and environmental challenges for the next decade". *Water Policy*, **2**, 213-227.
- CETESB - Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental de São Paulo. (1984). *Técnica de abastecimento e tratamento de água*. CETESB, 2^a ed., São Paulo, SP, 594p.
- Charniak, E. e McDermott, D. (1985). *Introduction to artificial intelligence*. Reading: Addison Wesley, New York, USA, 701p.
- Checkland, P.B. (1981). *Systems thinking, systems practice*. John Wiley & Sons, New York, USA, 330p.
- Clark, R.M. e Coyle, J.A. (1990). "Measuring and modeling variations in distribution system water quality". *Journal of American Water Works Association*, **82**(8), 46-52.
- CODEPLAN - Companhia de Desenvolvimento do Planalto Central. (1997). *Pesquisa de informações sócio-econômicas das famílias do Distrito Federal - PISEF/DF*. Brasília, DF.

- Coelho, M.C.N. (2001). "Impactos ambientais em áreas urbanas - teorias, conceitos e métodos de pesquisa". In: Guerra, A.J.T. e Cunha, S.B. (orgs) *Impactos ambientais urbanos no Brasil*. Bertrand Brasil, Rio de Janeiro, RJ, 19-45.
- Commissariat Général du Plan (1986). *Evaluer les politiques publiques; méthodes, déontologie, organisation*. La documentation Française, Paris, França, 181p.
- COMPESA - Companhia Pernambucana de Saneamento. (1989). *Plano diretor de abastecimento d'água da Região Metropolitana do Recife*. Recife, PE.
- COMPESA - Companhia Pernambucana de Saneamento. (1999). *Histórico do saneamento e dados institucionais*. Assessoria de Comunicação Social - ACS/COMPESA, Recife, PE, 16p.
- Conforto, G. (2000). "A regulação e a titularidade dos serviços de abastecimento de água e de esgotamento sanitário no Brasil". *Revista de Administração Pública*, **34**(5), 165-180.
- COPASA - Companhia de Saneamento de Minas Gerais. (1977). *Plano diretor do abastecimento de água da Região Metropolitana de Belo Horizonte*. LEME Engenharia, Belo Horizonte, MG.
- COPASA - Companhia de Saneamento de Minas Gerais. (2001). *Guia de apresentação: produção de água para a Região Metropolitana de Belo Horizonte*. Belo Horizonte, MG, 22p.
- Cordeiro, J.S. (2000). "Importância do tratamento e disposição adequada dos lodos de ETAs". In: Reali, M.A.P. (org.) *Noções Gerais de Tratamento e Disposição Final de Lodos de Estações de Tratamento de Água*. ABES, Rio de Janeiro, RJ, 1-19.
- Cordeiro Netto, O.M. e Dutra Filho, D. (1981). "O aporte de fósforo ao Lago Paranoá - Brasília". *Anais do XI Congresso Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental*. Fortaleza, CE.
- Costa, A.M. (1994). *Análise histórica do saneamento no Brasil*. Dissertação de Mestrado, Escola Nacional de Saúde Pública – ENSP, Rio de Janeiro, RJ, 164p.
- Costa, A.M. e Pontes, C.A.A. (1997). "O PMSS e os caminhos do saneamento do Recife". *Anais do 19º Congresso Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental*, Rio de Janeiro, RJ, 2837-2850.
- Costa, A.M. e Pontes, C.A.A. (2000). "A saúde como determinante das ações de saneamento: a intervenção sanitária de Saturnino de Brito no Recife". *Anais do XXVII Congresso Interamericano de Engenharia Sanitária e Ambiental*. Porto Alegre, RS.
- Costa, E.M.P. da (1982). *Expansão Urbana e Organização Espacial*. Editora Universitária/UFPE, Recife, PE.
- Costa, G.M. (1992). "Política urbana atual: novos atores, novos instrumentos de política e gestão urbana e seus reflexos sobre a qualidade de vida urbana: o caso da Região Metropolitana de Belo Horizonte". *Anais do II Simpósio Ambiental e Qualidade de Vida na Região Metropolitana de Belo Horizonte e Minas Gerais*, 22-24, Belo Horizonte, MG.
- Costa, H.S.M. (2000). "Desenvolvimento urbano sustentável: uma contradição de termos?". *Revista Brasileira de Estudos Urbanos e Regionais*, **1**(2), 55-72.
- Costa, W.P. (1983). "O saneamento básico no Brasil, da década de 40 à década de 80". *Engenharia Sanitária*, **22**(1), 8-25.
- Craun, G.F. e Calderon, R.L. (2001). "Waterborne disease outbreaks caused by distribution system deficiencies". *Journal of American Water Works Association*, **93**(9), 64-75.
- Cvjetanovic, B. (1986). "Health effects and impact of water supply and sanitation". *World Health Statistics Quarterly*, **39**, 105-117.
- d'Aguila, P.S., Roque, O.C. da C., Miranda, C.A.S. e Ferreira, A.P. (2000). "Avaliação da qualidade de água para abastecimento público do Município de Nova Iguaçu". *Cadernos de Saúde Pública*, **16**(3), 791-798.

- Daniel, F.B., Condie, L.W., Robinson, M., Stober, J.A., York, R.G., Olson, G.R. e Wang, S.R. (1990). "Comparative subchronic toxicity studies of three disinfectants". *Journal of American Water Works Association*, **82**(10), 61-69.
- Davidoff, P. e Reiner, T.A. (1973). "A choice theory of planning". In: Faludi, A. *A reader in planning theory*. Pergamon Press, Oxford, Inglaterra, 45-68.
- de Wit, C.T. (1993). "Philosophy and terminology". In: Leffelaar, P.A. (ed.) *On systems analysis and simulation of ecological processes*. Kluwer Academic Publishers, Dordrecht, Holanda, 3-9.
- Delgado, J.A.S. (1995). *A segregação sócio-espacial e a distribuição dos equipamentos de uso coletivo: o caso de Belo Horizonte, Minas Gerais*. Dissertação de Mestrado, Universidade de Brasília, Faculdade de Arquitetura e Urbanismo, Brasília, DF, 171p.
- DEMAE - Departamento Municipal de Água e Esgotos. (1971). *Plano diretor de esgotos de Belo Horizonte*. PLANIDRO, Belo Horizonte, MG.
- DMAE - Departamento Municipal de Água e Esgotos. (1992). *Plano diretor de abastecimento de água de Porto Alegre*. DMAE/Prefeitura Municipal de Porto Alegre, Porto Alegre, RS.
- DMAE - Departamento Municipal de Água e Esgotos. (1999). *Plano diretor de esgotos sanitários de Porto Alegre*. DMAE/Prefeitura Municipal de Porto Alegre, Porto Alegre, RS, 185p.
- DMAE - Departamento Municipal de Água e Esgotos. (2001). *DMAE 40 anos*. Prefeitura Municipal de Porto Alegre/DMAE, Porto Alegre, RS, 55p.
- DSE - Departamento de Saneamento do Estado de Pernambuco. (1968). *Planejamento do sistema de abastecimento d'água da área metropolitana do Recife*. DSE/SUDENE, Recife, PE, 319p.
- Esrey, S.A. (1996). "Water, waste and well-being: a multicountry study". *American Journal of Epidemiology*, **143**(6), 608-623.
- Esrey, S.A., Potash, J.B. e Roberts, L. (1991). "Effects of improved water supply and sanitation on ascariasis, diarrhoea, dracunculiasis, hookworm infection, schistosomiasis, and trachoma". *Bulletin of World Health Organization*, **69**(5), 609-621.
- Faludi, A. (1973). *A reader in planning theory*. Pergamon Press, Oxford, Inglaterra, 399p.
- Feachem, R.G., Bradley, D.J., Garelick, H. e Mara, D.D. (1983). *Sanitation and disease: health aspects of excreta and wastewater management*. John Wiley, Chichester, UK, 501p.
- Ferreira, I.C.B. (1999). "Gestão do território e novas territorialidades". In: Paviani, A. (org.) *Brasília - gestão urbana: conflitos e cidadania*. Editora Universidade de Brasília, Brasília, DF, 135-143.
- FJP - Fundação João Pinheiro. (1997). *Saneamento básico em Belo Horizonte: trajetória em 100 anos - os serviços de água e esgoto*. Fundação João Pinheiro/ Centro de Estudos Históricos e Culturais, Belo Horizonte, BH, 309p.
- Freitas, I.C.C. de, Pessanha, J.E.M. e Heller, L. (1991). "A epidemiologia aplicada ao planejamento a à avaliação das ações de saneamento básico". *Bio - Engenharia Sanitária e Ambiental (caderno técnico)*, **III** (1), 61-66.
- Gerolamo, M. e Penna, M.L.F. (2000). "Cólera e condições de vida da população". *Revista de Saúde Pública*, **34**(4), 342-347.
- Gomes, A.G. e Varriale, M.C. (2001). *Modelagem de ecossistemas: uma introdução*. Editora da UFSM, Santa Maria, RS, 504p.
- Gomes, M.A.A. de F. e Lima, F.J.M. de (1999). "Pensamento e prática urbanística em Belo Horizonte, 1895-1961". In: Leme, M.C. da S. (coord.) *O urbanismo no Brasil 1895-1965*. Studio Nobel/FAUUSP/FUPAM, São Paulo, SP, 120-140.
- Gomes, S.L. (1995). *Engenharia ambiental e saúde coletiva*. EDUFBA, Salvador, BA, 113p.

- Gonçalves, R.R. (1997). "O déficit habitacional no Brasil: uma estimativa a partir dos dados da PNAD-1995". *Nova Economia*, **7**(1), 99-121.
- Hall, D. (2001). "El agua en manos públicas. La administración del agua en el sector público: una opción necesaria". *Informe de la Internacional de Servicios Públicos* (ISP), 33p.
- Hanke, S.H. (1978). "A method for integrating engineering and economic planning". *Journal of American Water Works Association*, **70**(9), 487-491.
- Harremoës, P. (1997). "Integrated water and waste management". *Water Science and Technology*, **35**(9), 11-20.
- Heller, L. (1997). *Saneamento e Saúde*. OPAS/OMS, Brasília, DF, 97p.
- Hickel, H.T., Albano, M.T.F., Pavlick, I.M.B. e Bettiol, D. (1999). "A organização urbana". In: Menegat, R. (coord.) *Atlas ambiental de Porto Alegre*. UFRGS/PMPA/INPE, 2^a.ed., Porto Alegre, RS, 107-118.
- Hoehn, J.P. e Krieger, D.J. (2000). "Economic analysis of water service investments and tariffs in Cairo, Egypt". *Journal of Water Resources Planning and Management*, **126**(6), 345-350.
- Hoyt, H. (1959). "The pattern of movement of residential rental neighborhoods". In: Mayer, H.M. e Kohn, C.F. (eds.) *Readings in urban geography*. The University of Chicago Press, Chicago, USA, 499-510.
- Hunter, P.R. (2001). "International report: health related water microbiology". *2nd IWA World Water Congress*, Berlin, Germany.
- IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. (2000). *Pesquisa Nacional por Amostra de Domicílios (PNAD) – 1999*. IBGE, Departamento de População e Indicadores Sociais, Rio de Janeiro, RJ.
- Ilha, F. e Wolff, M.L.C. (2001). "DMAE: orgulho do porto-alegrense". *Revista Ecos*, **8**(20), 18-25.
- Jardim, V.M. (1997). "PDDUA busca equilíbrio entre desenvolvimento e ambiente". *Revista Ecos*, **4**(9), 16-18.
- Jørgensen, S.E. (1988). *Fundamentals of ecological modelling*. Elsevier, New York, USA, 391p.
- Justo, M.C.D. e Silva, J.B. da (1998). "O PLANASA no contexto do saneamento básico no país e especialmente no estado de São Paulo". *Anais da XXVI Assembléia Nacional da ASSEMAE*, 353-370, Vitória, ES.
- Kim, J.Y e Park, H. (2001). "Separating wastewater systems is key in protecting water sources". *Journal of American Water Works Association*, **93**(1), 54-65.
- Kraemer, R.A. (2000). "Public and private management of water services" In: Canali, G.V., Correia, F.N., Lobato, F. e Machado, E.S. (eds.) *Water resources management. Brazilian and European trends and approaches*. ABRH, Porto Alegre, RS, 253-277.
- Lambert, A. (2001). "International report on water losses management". *2nd IWA World Water Congress*, Berlin, Germany.
- Lanna, A.E. (2000). "A inserção da gestão das águas na gestão ambiental". In: Muñoz, H.R. (org.) *Interfaces da gestão de recursos hídricos: desafios da lei de águas de 1997*. Secretaria de Recursos Hídricos, Brasília, DF, 75-109.
- Le Moigne, J.L. (1990). *La théorie du système général: théorie de la modelisation*. Presses Universitaires de France, Paris, França.
- Lee, T.R. (2000). "Urban water management for better urban life in Latin America". *Urban Water*, **2**(1), 71-78.
- Leme, M.C. da S. (coord.) (1999). *O urbanismo no Brasil 1895-1965*. Studio Nobel/FAUUSP/FUPAM, São Paulo, SP, 600p.
- Lijklema, L. (1995). "Water quality standards: sense and nonsense". *Water Science and Technology*, **31**(8): 321-327.

- Lindfield, M.R. (1997). "Planning for the private financing of urban infrastructure: transaction costs and cross-market analysis". *Third World Planning Review*, **19**(1), 1-20.
- Lindgren, C.E.S. (1978). "O processo de planejamento". In: Lindgren, C.E.S. *Temas de planejamento*. Editora Interciência, Rio de Janeiro, RJ, 15-22.
- Lu, M. (1984). *Planejamento regional-urbano e análise de sistemas: formalização de um modelo articulativo*. IPE/USP, São Paulo, SP, 123p.
- Maksimovic, C. e Tejada-Guilbert, J.A. (eds.) (2001). *Frontiers in urban water management*. IWA, London, UK, 416p.
- Mara, D.D. e Alabaster, G.P. (1995). "An environmental classification of housing-related diseases in developing countries". *Journal of Tropical Medicine and Hygiene*, **98**(1), 41-51.
- Mara, D.D. e Feachem, R.G.A. (1999). "Water- and excreta-related diseases: unitary environmental classification". *Journal of Environmental Engineering*, **125**(4): 334-339.
- Mara, D.D. e Guimarães, A.S.P. (1999). "Simplified sewerage: potential applicability in industrialized countries". *Urban Water*, **1**(3), 257-259.
- Marcondes, M.J. de A. (1999). *Cidade e natureza: proteção dos mananciais e exclusão social*. Studio Nobel/Edusp/Fapesp, São Paulo, SP, 238p.
- Maricato, E. (2000). "As idéias fora de lugar e o lugar fora das idéias: planejamento urbano no Brasil". In: Arantes, O., Vainer, C. e Maricato, E. *A cidade do pensamento único: desmanchando consensos*. Editora Vozes, Petrópolis, RJ, 121-192.
- Maricato, E. (2001). *Brasil, cidades: alternativas para a crise urbana*. Editora Vozes, Petrópolis, RJ, 204p.
- Marques, E.M. (1996). "Equipamentos de saneamento e desigualdades no espaço metropolitano do Rio de Janeiro". *Cadernos de Saúde Pública*, **12**(2), 181-193.
- Martins, G., Boranga, J.A., Latorre, M.R.D.O. e Pereira, H.A.S.L. (2001). "Impacto do saneamento básico na população de Itapetininga - SP, de 1980 a 1997". *Anais do 21º Congresso Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental*, João Pessoa, PB.
- Martins Jr., O.P. (1996). *Uma cidade ecologicamente correta*. AB Editora, Goiânia, GO, 200p.
- Mascaró, J.L. (1989). *Desenho urbano e custos de urbanização*. DC Luzzato, Porto Alegre, RS, 175p.
- Mays, L.W. (ed.) (1999). *Water distribution systems handbook*. McGraw-Hill, New York, USA, 628p.
- McGhee, T.J. (1991). *Water supply and sewerage*. McGraw-Hill, 6ª ed., New York, USA, 602p.
- Melo, J.C.R. (1985). "Sistemas condominiais de esgotos". *Engenharia Sanitária*, **24**(2), 237-238.
- Melo, M. L. de (1978). *Metropolização e subdesenvolvimento: o caso do Recife*. Universidade Federal de Pernambuco, Recife, PE, 262p.
- Mendes, C.H.A. (1992). "Implicações ambientais no desenvolvimento da infra-estrutura: saneamento urbano". *Revista de Administração Pública*, **26**(4), 32-51.
- Metcalf e Eddy (1991). *Wastewater engineering: treatment, disposal and reuse*. McGraw-Hill, New York, USA, 1334p.
- Monteiro, J.R.P.R. (1983). "Saneamento básico e a conjuntura". *Engenharia Sanitária*, **22**(3), 272-280.
- Montenegro, M.H.F. (1996). "Água para todos: a tarifa viabilizando a universalização dos serviços". *Anais da XXII Assembléia Nacional da ASSEMAE*, 596-603, Belo Horizonte, MG.
- Montenegro, M.H.F. (1999). *Retomar os financiamentos do FGTS para o saneamento*. ASSEMAE, Brasília, DF, 17p.

- Moraes, L.R.S. e Borja, P.C. (2001). "Política e regulação do saneamento na Bahia: situação atual e necessidade de arcabouço jurídico-institucional". *Anais do 21º Congresso Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental*, João Pessoa, PB.
- Moraes, L.R.S., Borja, P.C. e Tosta, C.S. (1999). "Qualidade de água da rede de distribuição e de beber em assentamento periurbano: estudo de caso". *Anais do 20º Congresso Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental*, 1462-1472, Rio de Janeiro, RJ.
- Morais Neto, O.L., Barros, M.B.A., Martelli, C.M.T., Silva, S.A., Cavenaghi, S.M. e Siqueira Jr., J.B. (2001). "Diferenças no padrão de ocorrência da mortalidade neonatal e pós-neonatal no Município de Goiânia, Brasil, 1992-1996: análise espacial para identificação de áreas de risco". *Cadernos de Saúde Pública*, **17**(5), 1241-1250.
- Moreira, F.D. (1999). "A aventura do urbanismo moderno na cidade do Recife". In: Leme, M.C. da S. (coord.) *O urbanismo no Brasil 1895-1965*. Studio Nobel/FAUUSP/FUPAM, São Paulo, SP, 141-166.
- Moreira, T. (1998). "A hora e a vez do saneamento". *Revista do BNDES*, **5**(10), 189-216.
- Mota, S. (1995) *Preservação e conservação de recursos hídricos*. ABES, Rio de Janeiro, RJ, 187p.
- Motta, D.M. da, Mueller, C.C. e Torres, M.O. (1997). *A dimensão urbana do desenvolvimento econômico-espacial brasileiro*. IPEA, Texto para discussão no. 530. Brasília, DF, 46p.
- Nascimento, L.V. e von Sperling, M. (1998). "Os padrões brasileiros de qualidade das águas e os critérios para proteção da vida aquática, saúde humana e animal". *Anais do XXVI Congresso Interamericano de Engenharia Sanitária e Ambiental*, AIDIS, Lima, Peru.
- Nascimento, N. de O., Naguettini, M., Heller, L. e von Sperling, M. (1996). "Investigação científica em engenharia sanitária e ambiental. Parte 3: análise estatística de dados e de modelos". *Engenharia Sanitária e Ambiental*, **1**(4), 152-168.
- Nazareth, P. (1998). *Sistemas condominiais de esgotos e sua aplicação no Distrito Federal*. Companhia de Água e Esgotos de Brasília - CAESB, Brasília, DF, 60p.
- Negreiros, S. (1998). "CAESB: a um passo da universalização dos serviços". *Saneamento Ambiental*, **52**, 20-29.
- Neiva, M.F.G. (1996). "A qualidade ambiental em Goiânia." In: Martins Jr., O.P. *Uma cidade ecologicamente correta*. AB Editora, Goiânia, GO, 33-39.
- Novaes, A.G. (1981). *Modelos em planejamento urbano, regional e de transportes*. Edgard Blücher, São Paulo, SP, 290p.
- Nucci, N.L.R. (1983). "Avaliação da demanda urbana de água. Aspectos econômicos e urbanísticos. A área edificada como possível variável explicativa e prospectiva." *Revista DAE*, **43**(135), 22-29.
- Nucci, N.L.R., Rodrigues, E.A. e Reis, L.B. (1985). "Modelo para determinação do nível ótimo de micromedição. Enfoque privado e social - um estudo de caso." *Revista DAE*, **45**(142), 282-289.
- Oliva, A.Q. de, Cavalcante, C.W., Fonseca, F.O., Braga Netto, P. e Ogliari, T.C. (2001). "Uso e ocupação do solo". In: Fonseca, F.O. (org.) *Olhares sobre o Lago Paranoá*. Secretaria de Meio Ambiente e Recursos Hídricos, Brasília, DF, 213-271.
- Oliveira, E.G. de e Rutkowski, M. (2000). "O saneamento urbano sob a ótica dos agentes sociais: a questão da sustentabilidade." *Anais do XXVII Congresso Interamericano de Engenharia Sanitária e Ambiental*, Porto Alegre, RS.
- Ozuna, T e Gómez, I.A. (2000). "Governabilidad e regulación: descentralización del sector de água de México." In: Spiller, P.T. e Savedoff, W.D. (eds.) *Agua perdida: compromisos institucionales para el suministro de servicios públicos sanitarios*. BID, Washington, USA, 151-175.
- Paviani, A. (1988). *Brasília: a metrópole em crise: ensaios sobre urbanização*. Editora Universidade de Brasília, Brasília, DF, 113p.

- PCR - Prefeitura da Cidade do Recife. (1998). "Saneamento do Recife". *Cadernos do Meio Ambiente do Recife*, 1(21), 58p.
- PCR - Prefeitura da Cidade do Recife. (2001). *Plano Plurianual 2002/2005*. Secretaria de Saneamento, Recife - PE, 1-11.
- Pelli ,T. e Hitz, H.U. (2000). "Energy indicators and savings in water supply". *Journal of American Water Works Association*, 92(6), 55-62.
- Pereira Jr., J. de S. (1999). "Recursos Hídricos". *Estudo Técnico Específico*. Consultoria Legislativa da Câmara dos Deputados, Brasília, DF, 34p.
- Pereira Jr., J. de S. e Araújo, S.M.V.G. de (2001). "Regulação dos serviços públicos urbanos de abastecimento de água potável, esgotos sanitários e coleta e disposição de lixo". *Estudo Técnico Específico*. Consultoria Legislativa da Câmara dos Deputados, Brasília, DF, 19p.
- Pereira, D.S.P. e Baltar, L.A.A. (2000). "Saneamento e Recursos Hídricos: os desafios da integração e a urgência da prioridade". In: Muñoz, H.R. (org.) *Interfaces da Gestão de Recursos Hídricos: Desafios da lei das águas de 1997*. Secretaria de Recursos Hídricos, 2ª ed., Brasília, DF, 375-395.
- Pereira, D.S.P., Emerenciano, E.M. e Baltar, L.A.A. (2000). "Subsídio na prestação de serviços de água e esgotos". *Anais do I Simpósio de Recursos Hídricos do Centro-Oeste*, Brasília, DF.
- Pereira. D.S.P. e Abicalil, M.T. (1999). "Saneamento: os desafios do setor e a política nacional de saneamento". In: *Infra-estrutura: perspectivas de reorganização; saneamento*. IPEA, Brasília, DF, 107-137.
- Pereira, J. C. (1984). *Formação industrial do Brasil e outros estudos*. Hucitec, São Paulo, SP, 230p.
- Pimentel, C.E.B. e Cordeiro Netto, O.M. (1998). *Proposta metodológica de classificação e avaliação ambiental de projetos de saneamento*. IPEA – Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada, Série Modernização do Setor Saneamento, vol. 11, Brasília, DF, 85p.
- Pinheiro, M.M.S. (1998). "Fundos de poupança compulsória e financiamento da economia." *Texto para Discussão nº 558*. IPEA, Brasília, DF.
- Pires, I.M. (1983). "Política de saneamento básico". *Engenharia Sanitária*, 22(4), 454-461.
- PNUD - Programa das Nações Unidas para o Desenvolvimento. (1997). *Desenvolvimento Humano no Brasil, 1970-1996*. PNUD/IPEA/FJP/IBGE, Brasília, DF.
- Pontes, C.A.A. e Costa, A.M. (1996). "Uma análise da gestão dos esgotos no Recife". *Anais da XXII Assembléia Nacional da ASSEMAE*, 204-213, Belo Horizonte, BH.
- Pontes, C.A.A., Costa, A.M. e Gonçalves, F.R. (2000). "Análise espacial da distribuição dos serviços básicos de saneamento: desigualdade intraurbana no Recife - PE". *Anais do XXVII Congresso Interamericano de Engenharia Sanitária e Ambiental*, Porto Alegre, RS.
- Pontes, C.A.A., Costa, A.M. e Rezende, F.C. (1996). "Padrões de coleta em esgotamento sanitário: por uma racionalização de escolhas". *Anais da XXII Assembléia Nacional da ASSEMAE*, 193-203, Belo Horizonte, BH.
- Pontual, V. (2000). "O urbanismo no Recife: entre idéias e representações". *Revista Brasileira de Estudos Urbanos e Regionais*, 1(2), 89-108.
- Rassi, S. (1985). *O estado e a gestão urbana: o caso de Goiânia*. Dissertação de Mestrado, Universidade de Brasília, Faculdade de Arquitetura e Urbanismo, Brasília, DF, 181p.
- Rezende, F.C. e Marinho, G. (1995). "Mudanças nos padrões de gestão das políticas públicas: saneamento e gestão urbana no Recife". *Anais do VI Encontro Nacional da ANPUR: modernidade, exclusão e a espacialidade do futuro*, 78-87, Brasília, DF

- Rodrigues, J.M.C. e Jordão, E.P. (1989). "Planning for wastewater treatment in São Paulo". *Journal of WPCF*, **61**(7), 1191-1197.
- Salenque, L.G.P. e Marques, M.M. (1993). "Reavaliação de planos diretores: o caso de Porto Alegre". In: Panizzi, W.M. e Rovatti, J.F. (orgs.) *Estudos urbanos: Porto Alegre e seu planejamento*, Editora da UFRGS, Porto Alegre, RS, 155-164.
- SANEAGO - Saneamento de Goiás. (2000). *Projetos complementares de distribuição de água de Goiânia e áreas conurbadas: relatório de consolidação da concepção*. SENHA Engenharia, Vol. 1, Goiânia, GO, 50p.
- SANEAGO - Saneamento de Goiás.(1998). *Planos diretores de água e esgotos de Goiânia e áreas conurbadas: relatório síntese*. Consórcio Tecnosan - Prodec, Goiânia, GO, 79p.
- Santos, M. e Silveira, M.L. (2001). *O Brasil: Território e sociedade no início do século XXI*. Editora Record, Rio de Janeiro, RJ, 471p.
- SEPURB - Secretaria de Planejamento Urbano. (1995a). "Diagnóstico do setor saneamento: estudo econômico e financeiro". In: *Série Modernização do Setor Saneamento*, vol. 7. Brasília, DF, 251p.
- SEPURB - Secretaria de Planejamento Urbano. (1995b). "Flexibilização institucional da prestação de serviços de saneamento". In: *Série Modernização do Setor Saneamento*, vol. 3, Brasília, DF.
- Shuval, H.I., Tilden, R.L., Perry, B.H. e Grosse, R.N. (1981). "Effect of investments in water supply and sanitation on health status: a threshold-saturation theory". *Bulletin of the World Health Organization*, **59**(2), 243-248.
- Silveira, D.P. de F. (1999). "Gestão territorial do Distrito Federal: trajetórias e tendências". In: Paviani, A. (org.) *Brasília - gestão urbana: conflitos e cidadania*. Editora Universidade de Brasília, Brasília, DF, 145-166.
- Singer, P.E. (1968). *Desenvolvimento econômico e evolução urbana: análise da evolução econômica de São Paulo, Blumenau, Porto Alegre, Belo Horizonte e Recife*. Cia. Ed. Nacional, São Paulo, SP, 376p.
- Singer, P.I. (1987). *Economia política da urbanização*. Brasiliense, 11ª ed., São Paulo, SP, 151p.
- SNIS - Sistema Nacional de Informação sobre Saneamento. (2001). *Diagnóstico dos serviços de água e esgotos - 2000*, vol. 6. SEDU-PR/IPEA, Brasília, DF.
- Souza, C.F. de (1999). "Trajetórias do urbanismo em Porto Alegre, 1900-1945". In: Leme, M.S.C. (coord.) *Urbanismo no Brasil 1895-1965*, Studio Nobel/FAUUSP/FUPAM, São Paulo, SP, 83-101.
- Souza, C.F. de e Damasio, C.P. (1993). "Os primórdios do urbanismo moderno: Porto Alegre na administração Otávio Rocha". In: Panizzi, W.M. e Rovatti, J.F. (orgs.) *Estudos urbanos: Porto Alegre e seu planejamento*, Editora da UFRGS, Porto Alegre, RS, 133-145.
- Souza, C.F. de e Müller, D.M. (1997). *Porto Alegre e sua evolução urbana*. Editora da Universidade/UFRGS, Porto Alegre, RS, 127p.
- Souza, M.L. de (1996). *Urbanização e desenvolvimento no Brasil atual*. Editora Ática, São Paulo, SP, 87p.
- Souza, M.L. de (2002). "Extraíndo lições de experiências concretas: Porto Alegre, virtudes e contradições". In: Souza, M.L. de, *Mudar a cidade: uma introdução crítica ao planejamento e à gestão urbana*, Bertrand Brasil, Rio de Janeiro, RJ, 437-475.
- Souza, M.P. (1995). "A cobrança e a água como bem comum". *RBE - Caderno de Recursos Hídricos*, **13**(1), 25-55.
- Spiller, P.T. e Savedoff, W.D. (eds.) (2000). *Água perdida: compromissos institucionales para el suministro de servicios públicos sanitarios*. BID, Washington, USA, 276p.

- Steinberger, M. (1999). "Formação do aglomerado urbano de Brasília no contexto nacional e regional". In: Paviani, A. (org.). *Brasília - gestão urbana: conflitos e cidadania*. Editora Universidade de Brasília, Brasília, DF, 23-54.
- Takahasi, Y. (2000). "Water management in metropolitan Tokyo". In: Uitto, J.I. e Biswas, A.K. *Water for urban areas*. United Nations University Press, New York, USA, 24-46.
- Tchobanoglous, G. e Schroeder, E.D. (1985). *Water quality: characteristics, modeling and modification*. Addison-Wesley Publishing Company, New York, USA, 767p.
- Tillman, D., Larsen, T.A., Pahl-Wostl, C. e Gujer, W. (1999). "Modeling the actors in water supply systems". *Water Science and Technology*, **39**(4), 203-211.
- Tominaga, M.Y. e Midio, A. (1999). "Exposição humana a trihalometanos presentes em água tratada". *Revista de Saúde Pública*, **33**(4): 413-421.
- Töpfer, R. (1978). "Termo de referência para a elaboração do plano geral de tratamento e lançamento de esgotos sanitários da região metropolitana de Porto Alegre". In: METROPLAN - Fundação Metropolitana de Planejamento. *Coletânea de estudos metropolitanos: ano 1975*, METROPLAN, Porto Alegre, RS, 237-290.
- Tsutiya, M.T. e Alem Sobrinho, P. (1999). *Coleta e transporte de esgoto sanitário*. Departamento de Engenharia Hidráulica e Sanitária da Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, São Paulo, SP, 548p.
- VanDerslice, J. e Briscoe, J. (1993). "All coliforms are not created equal: a comparison of the effects of water source and in-house water contamination on infantile diarrheal disease". *Water Resources Research*, **29**(7), 1983-1995.
- VanDerslice, J. e Briscoe, J. (1995). "Environmental interventions in developing countries: interactions and their implications". *American Journal of Epidemiology*, **141**(2): 135-144.
- van Lier, J.B. e Lettinga, G. (1999). "Appropriate technologies for effective management of industrial and domestic waste waters: the decentralized approach". *Water Science and Technology*, **40** (7), 171-183.
- Varis, O. e Somlyódy, L. (1997). "Global urbanization and urban water: can sustainability be afforded?". *Water Science and Technology*, **35**(9), 21-32.
- Vasconcelos, R.F.A. (1995). *Descentralização político-administrativa na cidade do Recife: o caso do esgotamento sanitário na gestão da Frente Popular, 1986-1988*. Dissertação de Mestrado, UFPE, Departamento de Desenvolvimento Urbano e Regional, Recife, PE, 272p.
- Vasconcelos, R.F.A. (1998). "A problemática do saneamento na cidade do Recife". *Cadernos do Meio Ambiente do Recife*, **1**(21), 11-32.
- Villaça, F. (1999). "Uma contribuição para a história do planejamento urbano no Brasil". In: Deák, C. e Schiffer, S.R. (orgs.) *O processo de urbanização no Brasil*. Edusp, São Paulo, SP, 169-244.
- Villaça, F. (2001). *Espaço intra-urbano no Brasil*. Studio Nobel/Fapesp, 2ª.ed., São Paulo, SP, 373p.
- von Sperling, M. (1996). *Introdução à qualidade das águas e ao tratamento de esgotos*. DESA/UFMG, Belo Horizonte, MG, 243p.
- von Sperling, M. e Chernicharo, C.A. de L. (2000). "A comparison between wastewater treatment processes in terms of compliance with effluent quality standards". *Anais do XXVII Congresso Interamericano de Engenharia Sanitária e Ambiental*. Porto Alegre, RS.
- White, G.F., Bradley, D.J. e White, A.U. (1972). *Drawers of water: domestic water use in East Africa*. Chicago University Press, Chicago, USA, 300p.
- Winpenny, J. (1994). *Managing water as an economic resource*. Routledge, London, UK, 133p.

Zérah, M.H. (1998). "How to access the quality dimension of urban infrastructure: the case of water supply in Delhi". *Cities*, **15**(4), 285-290.