

**UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ
DEPARTAMENTO ACADÊMICO DE CONSTRUÇÃO CIVIL
CURSO DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO CIVIL**

SILVIA FERNANDA PAFFRATH

**UTILIZAÇÃO DO SISTEMA CONDOMINIAL COMO
ALTERNATIVA DE ESGOTAMENTO: HISTÓRICO, FUNDAMENTOS E
COMPARAÇÃO COM UM SISTEMA CONVENCIONAL**

TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO 2

CURITIBA

2013

SILVIA FERNANDA PAFFRATH

**UTILIZAÇÃO DO SISTEMA CONDOMINIAL COMO
ALTERNATIVA DE ESGOTAMENTO: HISTÓRICO, FUNDAMENTOS E
COMPARAÇÃO COM UM SISTEMA CONVENCIONAL**

Trabalho de Conclusão de Curso de graduação, apresentado à disciplina de Trabalho de Conclusão de Curso 2, do Curso Superior de Engenharia de Produção Civil do Departamento Acadêmico de Construção Civil – DACOC – da Universidade Tecnológica Federal do Paraná – UTFPR, como requisito parcial para obtenção do título de Engenheira.

Orientador: Prof. Flavio Bentes Freire

CURITIBA

2013



Sede Ecoville

Ministério da Educação
UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO
PARANÁ
Campus Curitiba – Sede Ecoville
Departamento Acadêmico de Construção Civil
Curso de Engenharia de Produção Civil

FOLHA DE APROVAÇÃO

UTILIZAÇÃO DO SISTEMA CONDOMINIAL COMO ALTERNATIVA DE ESGOTAMENTO: HISTÓRICO, FUNDAMENTOS E COMPARAÇÃO COM UM SISTEMA CONVENCIONAL

por

SILVIA FERNANDA PAFFRATH

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Curso de Engenharia de Produção Civil, da Universidade Tecnológica Federal do Paraná, defendido e aprovado em 01 de outubro de 2013, pela seguinte banca de avaliação:

Flavio Bentes Freire

Prof. Orientador

Michael Mannich

Membro titular

Karina Querne de Carvalho Passig

Membro titular

AGRADECIMENTOS

Não posso começar essa seção de agradecimentos sem citar Deus, que me deu força durante todo esse período de curso, sem a qual eu não teria concluído esse trabalho.

Agradeço, também, à Universidade Tecnológica Federal do Paraná como um todo e aos professores que ao longo desse tempo contribuíram para o aprendizado adquirido.

Ao meu orientador, prof. Flavio Freire, por todos os ensinamentos que tornaram esse trabalho possível.

À família e amigos pela paciência, incentivo e apoio incondicional.

Ao namorado e companheiro, Luis Schwarzbach Jr, pela parceria e carinho.

À empresa Sabesp pelo envio de materiais pelo correio, sem custos e com muita agilidade.

À Ecosol, empresa na qual eu trabalho hoje, e a todos os profissionais empregados por ela, por ceder mapas, *softwares* e outros materiais e compartilhar informações necessárias a essa pesquisa.

RESUMO

No Brasil o saneamento básico é direito constitucional e a sua falta ou ineficiência causa uma série de danos ao meio ambiente e à saúde humana. Este trabalho apresenta o histórico dos serviços de saneamento no Brasil e no mundo, dados atuais referentes ao saneamento no país, os impactos do gerenciamento inadequado de esgoto, dentre outros. A partir dos dados estatísticos mais recentes, constata-se que a falta de coleta de esgoto é um problema que ainda afeta muitos brasileiros, tornando-se preocupante quando causam danos à saúde humana e ao meio ambiente. Diante disso, formas alternativas de coleta vêm sendo estudadas ao longo dos anos a fim de que a coleta alcance locais de difícil acesso. O estudo foca no sistema condominial, uma dessas formas alternativas com início de utilização nos anos 80 e que já foi implantado em algumas cidades brasileiras, como Natal e Salvador e também o Distrito Federal. Para comprovar as vantagens mencionadas por alguns autores, a pesquisa sugere uma comparação entre um sistema de coleta convencional (separador absoluto) e o sistema condominial. Utiliza, para isso, uma área de estudo no bairro Cidade Industrial de Curitiba (CIC), localizado na região sudoeste da cidade de Curitiba-PR. Traz inicialmente conceitos, histórico, critérios de dimensionamento, além de informações a respeito do sistema condominial. A partir disso, apresenta como resultados iniciais as vantagens técnicas do sistema, como o fato de dispensar o dimensionamento do ramal condominial. Com os traçados das duas redes coletoras e com o auxílio dos *software's* Sancad e Maxor para dimensionamento e orçamento, respectivamente, possibilita que seja feito o quantitativo e a estimativa de custos para execução de cada obra. Por fim, traz como resultados finais uma comparação quantitativa entre os dois sistemas, comprovando o menor uso de tubulação do condominial, pela possibilidade de se usar rede em fundo de lote sem ter que desapropriar a área. O custo de implantação do sistema condominial resultou em aproximadamente R\$ 353 mil a menos que o de implantação do sistema convencional.

Palavras-chave: Rede Coletora de Esgoto. Separador absoluto. Formas Alternativas para Coleta de Esgoto. Sistema Condominial. Estimativa de custos.

ABSTRACT

In Brazil sanitation is a constitutional right and its absence or inefficiency causes a lot of damage to the environment and human health. It presents the history of sanitation services in Brazil and abroad, current data relating to sanitation in the country, the impacts of inadequate management of sewage, etc. From the latest statistical data, it concludes that the lack of sewage is a problem that still affects many Brazilians, becoming worrying when they cause harm to human health and the environment. Therefore, it mentions alternative forms of the sewage collect that have been studied over the years in order to reach that gathering places of difficult access. The study focuses on *condominial* system, one of these alternative forms of use starting in the '80s and has been deployed in some Brazilian cities, like Salvador and Natal as well and the Federal District. To demonstrate the advantages mentioned by some authors, the research suggests a comparison between a conventional system (separator absolute) and *condominial* system. Uses for this, a study area in the "Cidade Industrial de Curitiba" (CIC), located in the southwestern city of Curitiba-PR. Initially brings concepts, history, design criteria, and information about the *condominial* system. From this, it presents initial results as the technical advantages of the system, such as the fact waive scaling extension in the *condominial*. With the strokes of the two collection networks and with the aid of the software 's Sancad and Maxor for sizing and budget, respectively, allows the amount to be done and the estimated cost for the implementation of each work. Finally, brings final results as a quantitative comparison between the two systems, proving the lower use of pipe in the *condominial*, the possibility of using network background batch without having to expropriate the area. The cost of the *condominial* system deployment resulted in nearly R\$ 353,000 unless the deployment of the conventional system.

Keywords: Sewage disposal system. Absolute system separator. Alternative Ways to Collect Sewer. *Condominial* system. Estimating costs.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Boca de descarga da cloaca máxima.	15
Figura 2 - Índice de atendimento total de esgotos.....	22
Figura 3 - Distribuição de renda no Brasil.	23
Figura 4 - Sistema separador absoluto convencional.....	32
Figura 5 - Sistema separador absoluto condominial.	33
Figura 6 - Rede condominial tipo passeio.	37
Figura 7 - Rede condominial tipo frente de lote.....	37
Figura 8 - Rede condominial tipo fundo de lote.....	38
Figura 9 - Escolha do ponto mais baixo de cada condomínio.	40
Figura 10 - Caminhamento da rede básica.	41
Figura 11 - Quadra 90, Quadra Piloto.	44
Figura 12 - Rua antes (esquerda) e depois (direita) da rede condominial.....	45
Figura 13 - Início da ocupação em Santa Maria e valas negras.....	46
Figura 14 - Santa Maria no início da implantação do sistema condominial.....	47
Figura 15 - Projeto da rede coletora de esgotos de Santa Maria.	48
Figura 16 - Localização da área de estudo.	52
Figura 17 - Foto aérea da área de estudo.....	53
Figura 18 - Base topográfica da área de estudo.	54
Figura 19 – Interface Sancad.	57
Figura 20 – Sequência de dimensionamento - Sancad.....	58
Figura 21 – Critérios para cálculo - Sancad.	59
Figura 22 – Exemplo de Quantitativo - Maxor 6.2.	64
Figura 23 – Banco de Dados Mos - Maxor 6.2.....	65
Figura 24 – Zoneamento da área de estudo.	68
Figura 25 – Área de expansão da área de estudo.	70

Figura 26 – <i>Lay-out</i> do sistema convencional.	72
Figura 27 – <i>Lay-out</i> do sistema condominial.	73

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Caracterização global dos sistemas de esgoto dos prestadores de serviços.	20
Tabela 2 - Distribuição dos prestadores de serviços.	21
Tabela 3 – Principais doenças associadas á falta de saneamento.	27
Tabela 4 - Soluções para o esgotamento sanitário.	30
Tabela 5 - Sistemas de Esgotos do Distrito Federal.	49
Tabela 6 – Evolução da ocupação no bairro CIC.	69
Tabela 7 – Comparação entre os sistemas - Quantidades.	78
Tabela 8 – Comparação entre os sistemas - Custos.	78

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ABNT	- Associação Brasileira de Normas Técnicas
CI	- Caixa de Inspeção
CIC	- Bairro Cidade Industrial de Curitiba
DTI	- Dispositivo Tubular de Inspeção
FUNASA	- Fundação Nacional da Saúde
IBGE	- Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
Prosanear	- Programa de Saneamento para Populações de Baixa Renda
PV	- Poço de Visita
NBR	- Norma Brasileira
SANEPAR	- Companhia de Saneamento do Paraná
SNIS	- Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	12
2	OBJETIVOS	14
2.1	OBJETIVO GERAL	14
2.2	OBJETIVOS ESPECÍFICOS	14
3	FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA	15
3.1	EVOLUÇÃO DOS SISTEMAS DE ESGOTAMENTO SANITÁRIO	15
3.1.1	Histórico dos Serviços de Esgotamento Sanitário no Mundo	15
3.1.2	Cronologia do Esgotamento Sanitário no Brasil	17
3.2	ESTATÍSTICAS A RESPEITO DO ESGOTO NO BRASIL	19
3.3	IMPACTOS DO GERENCIAMENTO INADEQUADO DOS ESGOTOS	25
3.4	CONCEITOS BÁSICOS SOBRE ESGOTOS SANITÁRIOS	28
3.5	SISTEMAS DE ESGOTOS SANITÁRIOS	29
3.5.1	Sistemas Individuais	30
3.5.2	Sistemas Coletivos	31
3.6	REDE COLETORA DE ESGOTOS	33
3.6.1	Definições	33
3.6.2	Traçado da Rede	35
3.6.3	Dimensionamento Hidráulico	35
3.6.4	Custos da Rede Coletora	36
3.7	SISTEMA CONDOMINIAL	36
3.7.1	Histórico	38
3.7.2	Princípios do Funcionamento	40
3.7.3	Crítérios Principais de Dimensionamento	41
3.7.4	Vantagens e Desvantagens	42
3.7.5	A Experiência no Brasil	43
4	MATERIAIS E MÉTODOS	52
4.1	ESCOLHA DO MUNICÍPIO	52
4.2	DELIMITAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO	53
4.3	ESTUDO POPULACIONAL	54
4.4	PLANO DE ESCOAMENTO	56
4.5	DIMENSIONAMENTO DA REDE COLETORA	56
4.5.1	Rede Convencional	57
4.5.2	Rede Condominial	63
4.6	QUANTITATIVO E ESTIMATIVA DE CUSTOS	63
4.6.1	Rede Convencional	65
4.6.2	Rede Condominial	66
5	RESULTADOS E DISCUSSÕES	67
5.1	ESTUDO POPULACIONAL	67
5.1.1	Zoneamento	67
5.1.2	Número de Economias	68
5.1.3	Taxa de Ocupação	69
5.1.4	Área de Expansão	69
5.2	PLANO DE ESCOAMENTO	71
5.2.1	Rede Convencional	71
5.2.2	Rede Condominial	72
5.3	TAXAS DE CONTRIBUIÇÃO LINEAR	73
5.4	DIMENSIONAMENTO DA REDE COLETORA	74
5.4.1	Rede Convencional	74
5.4.2	Rede Condominial	75
5.5	QUANTITATIVO E ESTIMATIVA DE CUSTOS	76
5.5.1	Rede Convencional	76
5.5.2	Rede Condominial	77
5.6	COMPARAÇÃO ENTRE OS SISTEMAS	77
5.6.1	Quantitativos	78
5.6.2	Custos	78
6	CONCLUSÕES	81

REFERÊNCIAS	82
ANEXO A – VALORES DE R_h / D E OUTROS PARA RELAÇÕES Y/D	84
ANEXO B – VALORES DE $V / \sqrt{I_0}$ E $Q / \sqrt{I_0}$ PARA RELAÇÕES Y/D, COM D = 0,15.....	85
APÊNDICE A – DECLARAÇÃO DE AUTORIA	86
APÊNDICE B – TERMO DE AUTORIZAÇÃO.....	87
APÊNDICE C – LAYOUT DO SISTEMA CONVENCIONAL	88
APÊNDICE D – LAYOUT DO SISTEMA CONDOMINIAL	89
APÊNDICE E – PLANILHA DE DIMENSIONAMENTO DO SISTEMA CONVENCIONAL.....	90
APÊNDICE F – PLANTA CONSTRUTIVA SISTEMA CONVENCIONAL	110
APÊNDICE G – VAZÕES CONCENTRADAS DOS RAMAIS CONDOMINIAIS	113
APÊNDICE H – PLANILHA DE DIMENSIONAMENTO DO SISTEMA CONDOMINIAL	115
APÊNDICE I – PLANTA CONSTRUTIVA SISTEMA CONDOMINIAL.....	124
APÊNDICE J – MODELO DE PLANILHA DE QUANTITATIVO	127
APÊNDICE L – PLANILHA DE CUSTOS DO SISTEMA CONVENCIONAL	128
APÊNDICE M – PLANILHA DE CUSTOS DO SISTEMA CONDOMINIAL....	142

1 INTRODUÇÃO

Desde o início da história da humanidade, o homem tenta afastar de si seus próprios excretas. Dessa tentativa surgiu o saneamento em sua forma mais primitiva. A mais antiga forma de coleta de esgoto que se tem notícia data de 3750 a.C. e corresponde a uma galeria de esgotos construída em Nippur, Índia (AZEVEDO NETTO, 1959, p. 15).

A vida em comunidade, o crescimento populacional e a preocupação com doenças que o mau gerenciamento dos resíduos poderia causar foram fatores decisivos para o surgimento de novas tecnologias e concepções de sistemas de esgotamento sanitário.

No Brasil, inicialmente as redes coletoras de esgotos foram implantadas com objetivos econômicos, para evitar que epidemias comprometessem a produção e a mão-de-obra (REZENDE e HELLER, 2002, p. 113). Mais tarde, a preocupação com saneamento eficiente tornou-se mais evidente. Com o objetivo de promover gerenciamento mais adequado dos despejos, desde a coleta até tratamento e disposição final, os sistemas de esgotamento utilizados, chamados de unitários, foram substituídos pelo sistema que se usa hoje: separador absoluto.

Ainda assim, a coleta não atinge a todos os habitantes do país. Dados de 2010 do Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento (SNIS) mostram que o atendimento com rede coletora de esgotos alcança pouco mais da metade da população brasileira. O fato é ainda mais preocupante quando se analisa o volume de esgoto tratado no país, que não chega a 40% daquele que é coletado (SNIS, 2010, p. i).

A preocupação com o atendimento dos serviços de saneamento surgiu no país a partir de 1985 com a criação do Prosanear (Programa de Saneamento para Populações de Baixa Renda). Só a partir desse momento é que se teve a consciência de que era necessário ampliar a cobertura dos serviços de saneamento de forma quase que unânime (LOBO, 2001, p. 21).

Para que fosse possível essa universalização dos serviços de saneamento, seriam necessários investimentos maciços e, em alguns casos, desenvolver métodos alternativos, uma vez que os convencionais, algumas vezes, não atendem

a lugares de difícil acesso, pelo custo ou pela dificuldade de execução da rede de coleta.

O sistema condominial começou a ser implantado no país na década de 80, chegando a locais que não foram contemplados pelos métodos convencionais.

Uma das características principais desse sistema é a divisão da rede coletora em rede básica e ramais condominiais. Esses receberão as contribuições sanitárias de cada lote enquanto que aquela receberá apenas contribuições dos ramais, funcionando como um coletor. Além disso, para a implantação do sistema condominial é necessária que haja uma reunião com a população, uma vez que é comum que os ramais sejam executados no interior dos lotes, sendo preciso informar aos moradores dessa condição.

Alguns autores, como Lobo e Melo, consideram esse sistema como uma solução para o déficit em saneamento em determinados locais do país, sobretudo os que apresentam ocupação desordenada e de difícil acesso. Em outras palavras, acreditam que o sistema condominial de esgotos é uma resposta ao desafio da universalização do saneamento, a qual faz referência a lei nº 11.445 de 2007, na qual são estabelecidas diretrizes para o saneamento básico no país.

É notório que o sistema condominial desperta correntes antagônicas de julgamento e que ainda haja ressalvas a seu respeito por parte do corpo técnico e profissionais competentes. No entanto, sabe-se que parcela considerável da sociedade pouco conhece sobre seu funcionamento. Diante do exposto, neste trabalho é proposta uma abordagem aprofundada a respeito do sistema condominial, suas principais características, vantagens e desvantagens ao compará-lo com um sistema convencional de esgotamento sanitário.

2 OBJETIVOS

2.1 OBJETIVO GERAL

Comparar técnica e financeiramente os sistemas convencional e condominial separador absoluto em uma área de estudo no bairro Cidade Industrial de Curitiba (CIC), localizado na região sudoeste do município de Curitiba-PR.

2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Realizar levantamento bibliográfico relacionado com o sistema condominial, citando aspectos importantes, tais como o histórico do sistema, exemplos de aplicação, vantagens e desvantagens teóricas;

- Elaborar o traçado da rede coletora de um sistema convencional separador absoluto para a área de estudo e estimar os custos para execução da obra;

- Elaborar o traçado da rede coletora de um sistema condominial para a mesma área de estudo e estimar os custos para execução da obra, e;

- Comparar os sistemas quanto ao dimensionamento, materiais e custo, bem como as vantagens do emprego de cada um.

3 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

3.1 EVOLUÇÃO DOS SISTEMAS DE ESGOTAMENTO SANITÁRIO

O saneamento surgiu quando da tentativa de afastar as fezes e a urina das moradias, logo que os homens passaram a viver em comunidades. O que se fazia era coletar os resíduos em recipientes de barro ou metal e despejá-los em áreas baldias, escavadas ou em cursos d'água (DACA, 1984, p. 01).

A seguir segue a cronologia dos principais acontecimentos no que diz respeito ao esgotamento sanitário.

3.1.1 Histórico dos Serviços de Esgotamento Sanitário no Mundo

Com exceção de algumas obras públicas com fins específicos e restritos, as pessoas utilizavam um sistema estático para coleta dos dejetos. Os sistemas dinâmicos só começaram a ser utilizados no final do século 18, quando o inglês Joseph Bramah inventou a bacia sanitária (AZEVEDO NETTO, 1959, p. 15).

Segundo Dacah (1984, p. 01), o primeiro sistema de esgoto reconhecido como tal foi o de Roma. Era formado por uma galeria, a cloaca máxima (Figura 1), que foi construída seis séculos antes da era cristã.



**Figura 1 - Boca de descarga da cloaca máxima.
Fonte: REZENDE E HELLER (2002, p. 132).**

Azevedo Netto (1959, p. 15) também faz referência à construção desse conduto, que data de 514 A.C. e possuía o diâmetro máximo de 4,30 m, com função de coletar as águas pluviais e residuárias do Forum. Mais tarde, passou a ser o coletor tronco da cidade.

Em Roma, as latrinas públicas foram estabelecidas em 79 d. C. Na Idade média, no ano 800 d.C., essas latrinas, largamente utilizadas em toda Europa, foram substituídas por fossos construídos junto às paredes externas dos edifícios (AZEVEDO NETTO, 1959, p. 16).

O primeiro sistema de esgoto planejado surgiu em 1559, com a construção de galerias de esgotos em Bunlau, na Alemanha (AZEVEDO NETTO, 1959, p. 16). No entanto, Dacah (1984, p. 02) afirma que somente em 1842, em Hamburgo, foi projetado um sistema de acordo com as teorias de escoamento de águas residuárias, considerando a topografia. Esses princípios, válidos até hoje, não haviam sido utilizados antes.

O sistema de esgoto em Hamburgo foi projetado para coletar o esgoto doméstico e águas pluviais e sua construção se deu após um incêndio destruir a cidade (SOBRINHO e TSUTIYA, 2011, p. 2).

O sistema separador absoluto, que coletava separadamente as águas residuárias e as águas pluviais, só teve início em 1879 na cidade de Memphis (EUA), inventado por George Waring (AZEVEDO NETTO, 1959, p. 17).

A ideia de tratamento também surgiu na segunda metade do século 19. Conforme mencionado, o descarte dos resíduos era feito, geralmente, em cursos d'água. No início do século 19, as latrinas da cidade de Londres passaram a descarregar os excretas no rio Tamisa (DACA, 1984, p. 02)

Pouco antes, em 1815, foi autorizado o lançamento desses efluentes nas galerias pluviais. Em 1822 foi realizado o primeiro levantamento sanitário no rio. Como o volume de esgoto lançado cresceu excessivamente, em 1876 foi promulgada a lei inglesa que proibia o lançamento dos efluentes no rio tamisa ou em qualquer outro, sem tratamento prévio (AZEVEDO NETTO, 1959, p. 17).

Daí em diante diversas formas de tratamento foram sendo utilizadas.

3.1.2 Cronologia do Esgotamento Sanitário no Brasil

No Brasil a primeira forma de coleta de excretas era feita em barris de madeira, chamados de cubos, que ficavam nos jardins das casas. Quando cheios, os escravos levavam os cubos até os locais destinados à coleta. (DACA, 1984, p. 04).

Conforme AZEVEDO NETTO (1959, p. 17), a execução da primeira rede coletora de esgotos no país teve início em 1857 na cidade do Rio de Janeiro. O sistema adotado na cidade era o separador parcial, no qual há mistura de água pluvial proveniente de telhados e pátios com as águas residuárias, uma vez que todas são coletadas por um único sistema (SOBRINHO e TSUTIYA, 2011, p. 2).

A próxima cidade brasileira a receber rede de esgotos foi Recife em 1873, nove anos após a conclusão da rede coletora no Rio de Janeiro (AZEVEDO NETTO 1959, p. 17).

Com relação ao estado de Pernambuco, até 1882 os “tigres” (escravos que coletavam os excretas nos cubos) eram os responsáveis pela coleta dos excretas, executando os serviços sanitários para as classes sociais mais elevadas do estado. A facilidade de se dispor desses escravos foi um dos fatores que retardou a implantação de sistemas de esgotamento sanitário nas cidades mais ricas de todo o estado (REZENDE e HELLER, 2002, p. 123).

Vale destacar que a primeira rede condominial implantada se deu a partir de 1980 no estado do Rio Grande do Norte (LOBO, 2003, p. 46).

3.1.2.1 Fatores Históricos

Conhecendo o histórico dos serviços de coleta de esgotos no Brasil, ficou claro o beneficiamento das cidades portuárias. Para entender os motivos dessa prioridade nos serviços é preciso conhecer o processo de desenvolvimento do país.

Segundo Piletti (1996 *apud* REZENDE e HELLER, 2002), a população brasileira triplicou durante o império. Esse crescimento acelerado provocou o crescimento das cidades de forma desordenada e conseqüente aumento na demanda por infra-estrutura sanitária. Epidemias como a de febre amarela e cólera

se tornaram freqüentes em todo o país e atingiam a todos, independente da classe social. Com interesses econômicos bem claros, o poder público apenas realizava intervenções do ponto de vista da saúde pública em cidades portuárias, como Recife, Salvador, Rio de Janeiro e Santos. Daí o pioneirismo desses locais nos serviços de saneamento.

Vale ressaltar o papel do Planasa (Plano Nacional de Saneamento), programa de financiamento com recursos do BNH (Banco Nacional de Habitação) criado em 1969, na questão da universalização do saneamento no país.

Até a década de 60, o Brasil já havia passado por alguns ciclos de planejamento, sem sucesso. Esses modelos de planejamento consideravam o problema da falta de saneamento como uma questão técnica, sem participação daqueles afetados por esse problema. O Planasa foi um desses modelos de planejamento (LOBO, 2003, p. 34).

Baseado na centralização dos recursos, o Planasa ignorava o papel do município na tomada de decisões e as diferenças sócio-culturais, geográficas e climáticas de cada região. Assim, os sistemas de saneamento eram projetados de forma semelhante para todo o país, sem considerar a influência do clima e topografia, que se diferem entre as várias regiões e estados brasileiros (LOBO, 2003, p. 35).

Com o plano surgiram as empresas estaduais. O modelo assegurava aos estados a responsabilidade sobre seus serviços de saneamento, devendo haver a participação dos municípios, o que nem sempre ocorria.

Para alcançar a universalização, a estratégia usada era a de utilizar a renda obtida pelos serviços nos municípios maiores para aqueles menores, cujos sistemas não eram economicamente viáveis. Daí o início do fracasso do Planasa, que teve seu fim a partir de 1986, com a extinção do BNH (LOBO, 2003, p. 38).

Com a implantação da democracia no país, surgiu o desafio de implantar os serviços de saneamento nas áreas mais pobres, até então excluídas.

Na década de 80 o governo federal lançou o Projeto de Água e Saneamento para a População de Baixa Renda (Prosanear), que possibilitava a utilização de tecnologias alternativas, como o sistema condominial (LOBO, 2003, p. 48).

Ainda na década de 80, Lobo (2003, p. 19) cita que a preocupação que passou a existir de início dizia respeito aos serviços de abastecimento de água.

Com a implantação de algumas ações e fóruns de discussão com o objetivo de promover saneamento a toda a população, surgiu a questão do destino das águas residuárias, não como uma demanda direta da sociedade, mas para não agravar o problema ambiental (LOBO, 2003, p. 21).

A partir dessa década começou a se falar em formas alternativas de coleta como solução para atendimento de áreas de difícil acesso.

Quando se instalam sistemas de abastecimento de água para pessoas antes não atendidas, aumenta-se o volume de esgoto gerado. É diferente do problema da falta de acesso à água, a população encontra soluções para o seu esgoto, lançando-o nas ruas, nos rios ou no sistema de drenagem. E num primeiro momento essas soluções não afetam sua qualidade de vida. (LOBO, 2003, p. 31).

Há também que se considerarem as diferenças da cultura urbana com a rural. Quando da migração do campo para a cidade, as pessoas trazem consigo seus hábitos e costumes. As soluções que adotavam antes para seus rejeitos não representavam um problema, principalmente pela distância entre as moradias. Nos centros urbanos essas mesmas soluções passam a ser ineficazes, agravando a problemática do mau gerenciamento do esgoto (LOBO, 2003, p. 33).

Pensando nisso, o desafio de atendimento com esgotamento sanitário torna-se ainda maior, pois é necessário, antes, estimular uma mudança de comportamento da própria população, para que, por exemplo, abandonem os antigos hábitos trazidos da área rural ou periférica.

Além disso, dados atuais de esgotos reforçam a necessidade de medidas na área de saneamento que possam ampliar o atendimento com serviços de esgotamento sanitário. Esses dados serão comentados na sequência.

3.2 ESTATÍSTICAS A RESPEITO DO ESGOTO NO BRASIL

Segundo o Diagnóstico dos Serviços de Água e Esgoto de 2010, publicado pelo Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento (SNIS, p. i), 53,5% da

população urbana do país é atendida com rede coletora de esgoto. E desse esgoto coletado, apenas 37,9% é tratado.

Observando o diagnóstico de 2009, o volume coletado e tratado e também a extensão de redes coletoras tiveram aumentos, como afirma o SNIS. Na Tabela 1 é apresentado um resumo desses números.

Tabela 1 - Caracterização global dos sistemas de esgoto dos prestadores de serviços.

Informação	Unidade	Valor (2010)	Valor (2009)
Quantidade de ligações de esgotos	unid.	22.480.258	20.107.482
Extensão de rede de esgotos	km	224.709	208.540
Volume de esgoto coletado	mil m ³	4.662.490	4.229.809
Volume de esgoto tratado	mil m ³	3.124.071	2.894.984

Fonte: Diagnóstico SNIS (2010, p. ix e 2009, p. iv).

Em comparação com os dados de 2009, os acréscimos foram de 7,8%, 10,2% e 7,9% para a extensão de rede coletora, volume de esgoto coletado e tratado, respectivamente (SNIS, 2010, p. ix)

Mesmo com essas melhorias, não há aumentos significativos no índice de atendimento. Segundo os cálculos desses índices elaborados pelo SNIS para se estabelecer uma comparação entre os anos de 2009 e 2010, o percentual de esgoto tratado (37,9%) manteve-se estável, isto é, mesmo com acréscimo no volume total tratado, não houve acréscimo no número de habitantes atendidos. Isso demonstra que os investimentos estão sendo direcionados para áreas já atendidas. Além disso, essa situação aprofunda ainda mais o desafio de universalização dos serviços de saneamento básico.

A nível municipal, conforme o quadro divulgado pelo SNIS (2010), tem-se um total de 1.948 atendidos com esgotamento sanitário, conforme Tabela 2.

Tabela 2 - Distribuição dos prestadores de serviços.

Prestador de serviços		Quantidade de municípios atendidos		População urbana dos municípios	
Abrangência	Quantidade	Água	Esgotos	Água	Esgotos
Regional	27	3.990	1.142	118.394.993	91.147.995
Microrregional	6	18	13	635.682	576.832
Local	1.170	952	793	40.219.309	38.629.471
Brasil	1.203	4.960	1.948	159.249.984	130.354.298

Fonte: Diagnóstico SNIS (2010, p. iv).

Destaca-se que é necessário descontar as repetições de prestadores de serviços, isto é, quando há mais de um prestador por município. Ainda conforme o diagnóstico do SNIS (2010, p. iv), para esgotos há 5 municípios com 2 prestadores. Assim, o total atendido chega a 1.943, representando 34,9% do total de municípios do país.

O diagnóstico faz referência ao censo de 2010 divulgado pelo IBGE, no qual a população total do país era de 190.732.694 habitantes e a urbana, 160.879.708. Descontando a população urbana que possui 2 prestadores de serviços, o número de habitantes com atendimento de esgoto é de 128.834.682. Assim, o percentual atendido é de cerca de 80%, se considerarmos apenas a população urbana. Mesmo sendo um percentual elevado, deve-se lembrar que mais de 30 milhões de brasileiros, que vivem em área urbana, ainda não são atendidos com serviços de esgotamento sanitário. E os que não se encontram nessa área correspondem a mais 30 milhões.

Com relação aos estados, os mesmos foram classificados de acordo com o percentual de atendimento, conforme Figura 2.

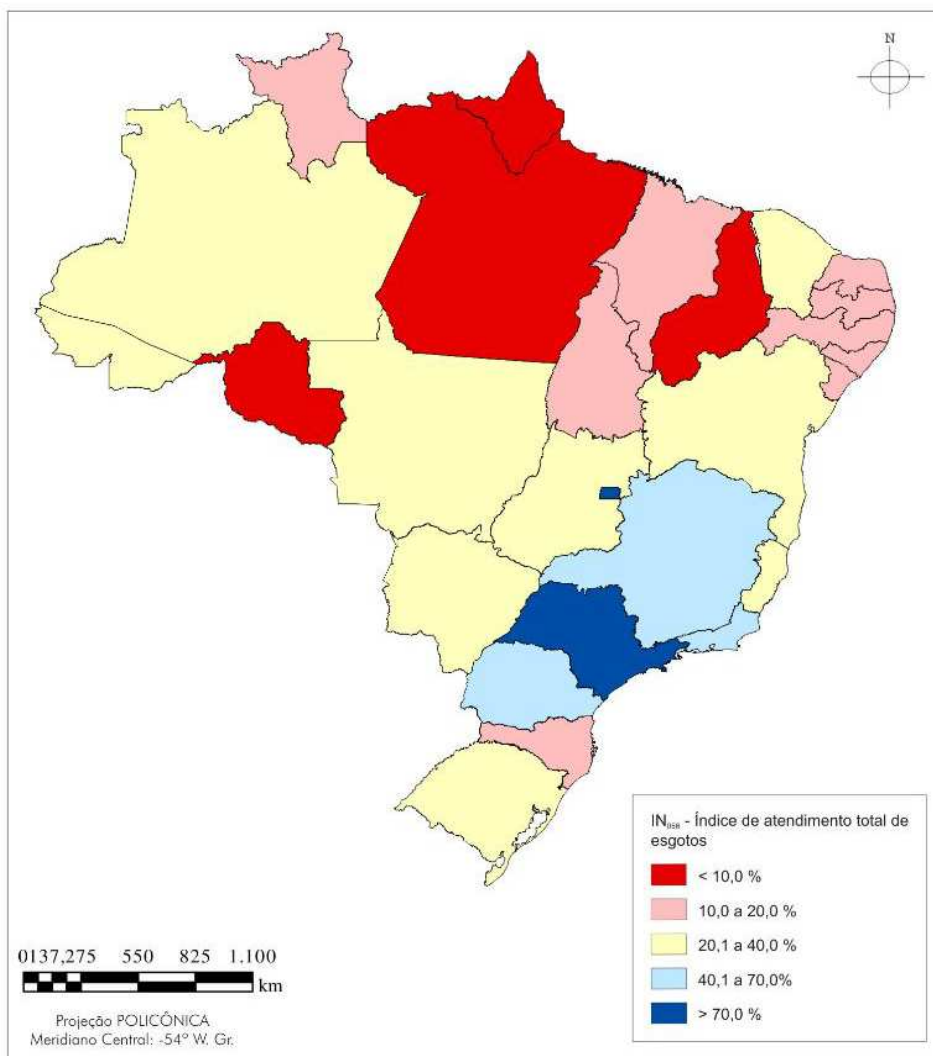


Figura 2 - Índice de atendimento total de esgotos.

Fonte: SNIS (2010, p. xi).

Comparados a 2009, os índices de 2010 não se alteram. As mudanças referem-se ao estado do Amazonas, que melhorou seu índice e subiu de faixa, e do Acre, que desceu de faixa. Quatro estados situam-se na pior faixa, com índice de atendimento inferior a 10%.

A falta de atendimento com serviços de esgotamento sanitário no Brasil é um problema de décadas e reflete os momentos históricos do país.

Segundo TRATA BRASIL (2010, p. 16) a já comentada universalização dos serviços de saneamento “significará o resgate de uma dívida social histórica com a população brasileira”.

Lobo (2003, p. 18 e 19) também faz menção a essa situação. Na década de 80, antes do surgimento da democracia no país, as empresas estaduais de saneamento elaboravam os planos de ação para as cidades. Em 1983, os primeiros governadores eleitos democraticamente tinham como desafio implantar os serviços nas áreas pobres, sobretudo as favelas, as quais ficaram de fora dos antigos planos de ação.

Isso sugere que a população não atendida com o esgotamento sanitário é também aquela com menor poder econômico. Segundo dados do IBGE (2009), a distribuição de renda no país se dá conforme a Figura 3.

Tal distribuição ajuda a justificar a afirmação anterior, uma vez que os estados com menores rendas per capita também são aqueles com menor índice de atendimento com rede coletora de esgoto.

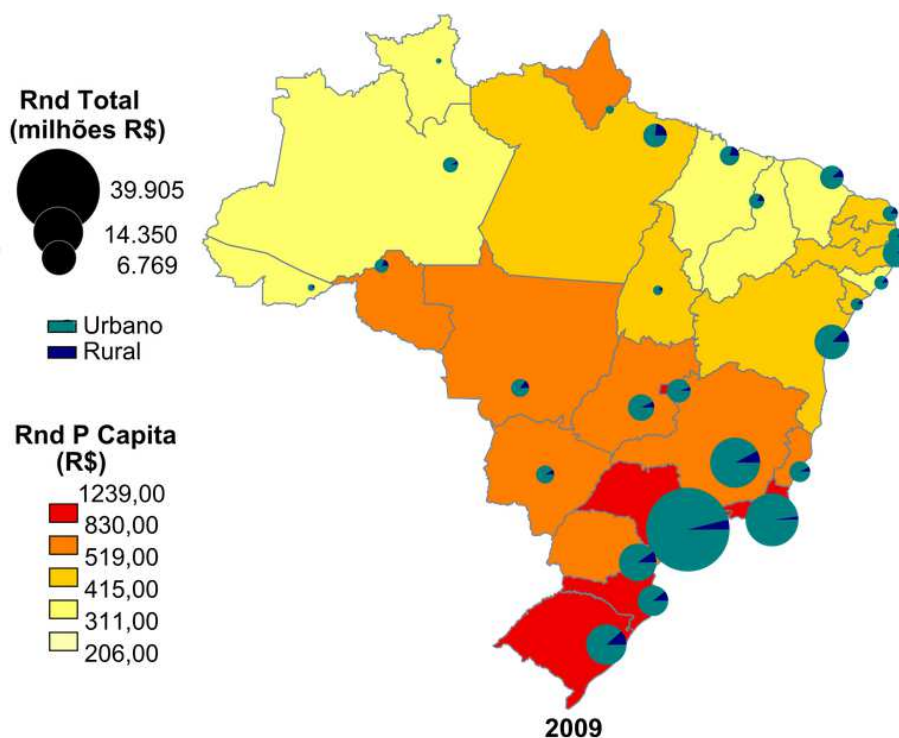


Figura 3 - Distribuição de renda no Brasil.
Fonte: IBGE (2009).

No gráfico 1 é apresentado o número de domicílios por renda com serviços de esgotos. É possível perceber que o atendimento com coleta de esgotos é

diretamente proporcional à renda. Ou seja, quanto maior a média de salários, maior o percentual de atendimento com coleta.

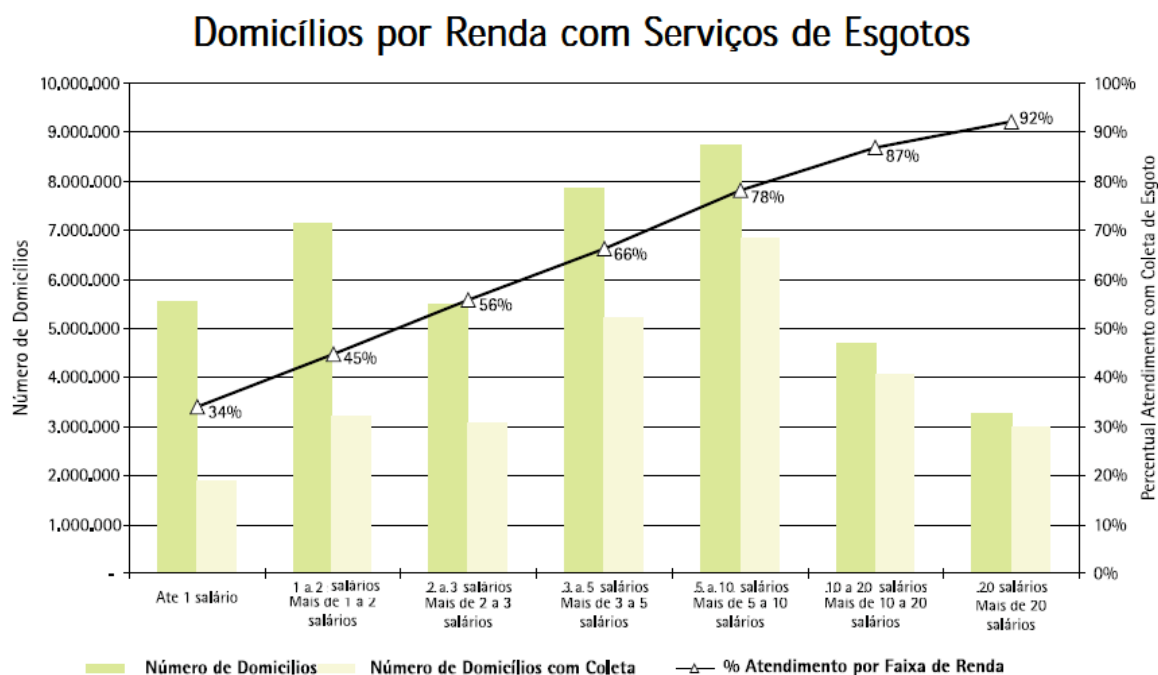


Gráfico 1 - Distribuição de renda no Brasil.

Fonte: LOBO (2003, p. 28).

O diagnóstico do Instituto Trata Brasil (2010, p. 3) faz referência à existência de dois “Brasis”. Um com municípios com cobertura elevada de coleta de esgoto, servindo de referência para o outro, constituído de municípios pobres, com condições mínimas de saneamento básico e com populações mais afetadas por enfermidades decorrentes dessas condições.

Lobo (2003, p. 19) também afirma que nos anos pós-implantação da democracia do país, ainda era corrente o conceito de que uma comunidade somente poderia ser atendida com serviços urbanos se estivesse em situação fundiária regular. Nas áreas mais pobres da cidade, sabe-se que nem todas as ocupações são regulares. E são essas formas irregulares de ocupação que dificultam a implantação de rede coletora de esgoto, por exemplo. Daí a importância de se buscarem métodos alternativos de coletas para chegar cada vez mais próximo da universalização já mencionada.

3.3 IMPACTOS DO GERENCIAMENTO INADEQUADO DOS ESGOTOS

Segundo dados já apresentados, no Brasil o volume de esgoto coletado apresenta percentuais superiores ao volume de esgoto tratado. Isso significa que parte do esgoto coletado, que não corresponde à totalidade de esgoto gerado, não recebe tratamento. Além disso, o tratamento do esgoto sanitário não significa necessariamente segurança para a população e manutenção da qualidade dos corpos receptores. Em muitos casos o tratamento é deficiente e há uma série de questões normativas (padrões de descarte, outorga de descarte, enquadramento dos rios, fiscalização) que são negligenciadas.

Os danos causados pela falta de coleta e tratamento ou pela ineficiência deste no esgoto coletado podem ser divididos em dois grupos: ao meio ambiente e à saúde humana. Pereira (2010, p. 35) confirma tal afirmação ao mencionar que o lançamento de esgoto sanitário no meio ambiente relaciona-se com a degradação dos corpos d'água e com problemas de saúde pública. E mais, coloca o sistema de esgotamento sanitário como fator indispensável na infraestrutura das áreas urbanas.

Nuvolari (2011, p. 189) apresenta uma série de inconvenientes decorrentes do lançamento de esgoto sanitário nos corpos d'água. Alguns desses inconvenientes são: redução do oxigênio dissolvido (OD), odores desagradáveis e possibilidade de contaminação de animais e seres humanos quando do contato com essa água.

O esgoto sanitário é composto, em média, por 99,9% de água e 0,1% de sólidos. Desses, 75% são constituídos de matéria orgânica. Ainda segundo Nuvolari (2011, p. 192), quando essa matéria orgânica é lançada nos corpos d'água, causa o crescimento dos microorganismos decompositores aeróbios, que consomem a matéria e o oxigênio dissolvido. “Esse oxigênio é utilizado por peixes e outros animais aquáticos para sua respiração, sendo diretamente responsável pela sobrevivência desses seres”. Ou seja, o excesso de matéria orgânica causa diminuição de OD e, conseqüentemente, da fauna que habita os rios.

Mesmo para o esgoto tratado, há valores mínimos para o OD que variam de acordo com a classe do rio (NUVOLARI, 2011, p. 201). Conforme a Resolução do CONAMA nº 357/2005, o valor mínimo permitido é de 2 mg/L para rios classe 4. Para rios classe 2 esse valor é de 5 mg/L.

Além disso, é possível que haja, com o lançamento de compostos orgânicos, um aumento na população de algas. Esse acréscimo pode tornar a água turva, prejudicando o processo de fotossíntese e reduzindo ainda mais o OD da água. A esse processo dá-se o nome de eutrofização.

Explicando melhor o fenômeno, Thomann e Mueller (1987 *apud* SPERLING, 1996) conceituaram a eutrofização como o crescimento excessivo de plantas aquáticas em proporções que passam a ser consideradas causadoras de interferências com os usos desejáveis do corpo d'água. Sperling (1996, p. 151) cita que o principal estímulo para esse crescimento é o aumento de nutrientes, principalmente nitrogênio e fósforo. E vale lembrar que os corpos d'água aos quais faz referência Sperling dizem respeito aos lagos e represas, ambientes lânticos.

Ainda, Sperling explica que as diversas ocupações do ambiente, tendo como seqüência florestas, agricultura e urbana, levariam a um aumento no teor de nutrientes no corpo d'água. Inicialmente, com as florestas, as plantas mortas sofrem decomposição e liberam nutrientes. Mais tarde, com a agricultura, para garantir a elevada produção, os agricultores adicionam nitrogênio e fósforo ao solo. Com a ocupação urbana, o assoreamento, a drenagem pluvial e principalmente o esgoto, provocam também aumento de nitrogênio e fósforo nos corpos d'água (SPERLING, 1996, p. 132 a 154)

Essa seqüência de ocupações sugere um aumento na população de algas, que poderão ocupar intensamente as camadas superficiais da água. Isso impede que a luz solar alcance níveis inferiores, provocando a morte das algas situadas nesses locais. Assim, haverá prejuízos à fotossíntese e, como já dito antes, diminuição no nível de OD (SPERLING, 1996, p. 154).

Do ponto de vista da saúde humana, a falta de saneamento, bem como o gerenciamento inadequado do esgoto sanitário, segundo o Instituto Trata Brasil (2010, p. 6), está diretamente ligado com as internações por uma série de doenças, as quais constam na Tabela 3.

Tabela 3 – Principais doenças associadas á falta de saneamento.

Ordem segundo maior número de ocorrência	Principais Doenças
1	Diarreias
2	Hepatite A
3	Febres Entéricas
4	Esquistossomose
5	Leptospirose
6	Teníases
7	Helmintíases
8	Micoses
9	Conjuntivites
10	Tracoma

Fonte: Diagnóstico Trata Brasil (2010, p. 6).

Segundo o mesmo diagnóstico, do total de mortes causadas pelas doenças diarréicas, 88% se deram por sistemas inadequados de esgoto sanitário (TRATA BRASIL, 2010, p. 6).

No Manual de Saneamento elaborado pela Funasa (2007, p. 163) é confirmada a informação acima ao citar que é grande o número de doenças que poderiam ser controladas se os dejetos humanos tivessem destino adequado. Entre elas, cita ancilostomíase, amebíase, cólera, esquistossomose, febre tifóide, teníase, cisticercose, etc.

A prevenção e controle dessas doenças são alguns dos objetivos das medidas tomadas para solucionar o problema dos resíduos sólidos. Além disso, uma comunidade limpa poderá influenciar nos hábitos de higiene da população em geral, facilitando sua disseminação. (FUNASA, 2007, p. 230).

E mais, essa solução acarreta no aumento da vida média efetiva do homem, seja pela redução da mortalidade ou das doenças (FUNASA, 2007, p. 231).

Segundo dados do Ministério da Saúde, para cada R\$ 1,0 (um real) investido no setor de saneamento, é possível economizar R\$ 4,0 (quatro reais) na área de medicina curativa (FUNASA, 2007, p. 11).

Jordão e Pessôa (2011, p. 15) citam de forma ampla os inconvenientes desse gerenciamento inadequado dos esgotos, sendo tanto de natureza de saúde pública quanto de natureza econômica. Entre as conseqüências indesejáveis, estão: maior incidência de doenças e os incômodos próprios delas, aumento da mortalidade infantil, redução da produtividade, entre outras já mencionadas.

Diante de todas essas explicações acerca da situação do saneamento no país, evidenciando reduzidos índices de coleta e, sobretudo, tratamento para boa parte do esgoto gerado, e diante da série de inconvenientes que essas faltas podem acarretar ao meio ambiente e ao homem, é certo que algumas ações devem ser tomadas.

Não se sabe a causa exata dessa falta de investimentos no setor de saneamento no Brasil, mas, conforme foi mencionado, uma situação que dificulta a implantação de coleta diz respeito às ocupações irregulares por parte da população. Foi comentado, também, que uma forma de chegar a esses locais seria com os sistemas alternativos de coleta. Um desses métodos alternativos é o sistema condominial, foco deste trabalho.

Antes de explicar o sistema, segue uma descrição geral de todos os itens que compõe um sistema de esgotamento sanitário, desde as definições de cada termo até as unidades que ajudam a formar o sistema.

3.4 CONCEITOS BÁSICOS SOBRE ESGOTOS SANITÁRIOS

Conforme a lei nº 11.445 (BRASIL, 2007), o Saneamento Básico é constituído pelos serviços que garantam abastecimento de água, esgotamento sanitário, limpeza urbana e manejo dos resíduos sólidos realizados de formas adequadas à saúde pública e à proteção do meio ambiente, dentre outros.

Segundo a norma nº 9.648 da Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT, 1986, p.1), o esgoto sanitário é o “despejo líquido constituído de esgotos domésticos e industrial, água de infiltração e a contribuição pluvial parasitária”.

Historicamente, o termo “esgoto” já teve significados distintos da definição mencionada acima. Conforme Jordão e Pessôa (2011, p. 37), além do termo ser

utilizado como definição para o despejo líquido citado pela ABNT, também definia a tubulação por onde fluía esse despejo. Por essa diferença entre significados, alguns autores preferem tratar o esgoto como “águas residuárias”

Adiante serão abordadas as formas de sistemas existentes, mas vale ressaltar que no Brasil é largamente utilizado o sistema separador absoluto, dado pelo conjunto de condutos, instalações e equipamentos com função de coletar e transportar o esgoto sanitário até o destino conveniente.

Convém salientar que esse sistema não contempla as ligações intencionais de águas pluviais na rede de esgoto, e que embora seja possível (sob certos critérios estabelecidos pelas concessionárias de saneamento), é incomum que despejos industriais sejam permitidos na rede coletora de esgoto sanitário.

Em outras palavras, há tubulações distintas destinadas à coleta de água pluvial e ao esgoto sanitário. No entanto, não há garantias de que essa separação seja completa, daí a contribuição pluvial parasitária à qual faz referência a NBR mencionada.

Quanto à responsabilidade dos serviços de esgotamento sanitário, a Lei federal nº 8.080 (BRASIL, 1990) determina que é dever do estado prover condições indispensáveis para o pleno exercício da saúde, que tem como fatores determinantes e condicionantes, entre outros, o saneamento básico. Desta forma, é correto afirmar que garantir o saneamento básico e, portanto, os serviços de esgotamento sanitários, é dever do estado.

Para que se cumpra esse dever, é necessário que o saneamento básico alcance toda a população brasileira. Lobo (2003, p. 18) coloca esse desafio como a busca pela universalização dos serviços de saneamento.

A seguir, é apresentada uma breve descrição a respeito de cada tipo de sistema de esgotamento sanitário.

3.5 SISTEMAS DE ESGOTOS SANITÁRIOS

Os sistemas de esgotamento sanitários podem ser divididos em dois grandes grupos: os individuais e os coletivos.

3.5.1 Sistemas Individuais

As formas individuais (ou isoladas) referem-se àquelas destinadas a coletar e/ou tratar o esgoto proveniente de uma unidade habitacional familiar, de imóveis comerciais e públicos, normalmente desprovidos de rede coletora (PEREIRA, 2010, p. 39).

O IBGE (2008 *apud* PEREIRA, 2010) apresenta as soluções de esgotamento sanitário utilizadas no país até o ano de 2008, conforme Tabela 4.

Tabela 4 - Soluções para o esgotamento sanitário.

Região	População (10 ³ hab)	População Atendida com Esgotamento Sanitário (10 ³ hab)			
		Rede Coletora	Fossa Séptica	Outra solução	Sem atendimento
Norte	15.210	1.364	7.477	5.173	1.196
Nordeste	53.291	16.186	12.348	18.580	6.177
Centro-Oeste	13.662	5.020	1.549	6.950	142
Sudeste	79.484	63.403	6.634	8.955	492
Sul	27.431	8.972	11.808	6.333	317
Brasil	189.077	94.945	39.817	45.991	8.325

Fonte: PEREIRA (2010, p. 39).

Conforme dados acima, a fossa séptica é a solução mais utilizada por aqueles que não apresentam coleta de esgoto. Pereira (2010, p. 39) menciona o cuidado que deve ser tomado ao utilizar essa alternativa, devido aos subprodutos gerados, como o lodo, o biogás, dentre outros.

Há soluções de acordo com o atendimento com rede de distribuição de água. Onde não há água encanada, recomenda-se a utilização de fossa seca. Como vantagem da utilização desse sistema tem-se: o baixo custo, facilidade de manutenção, o não consumo de água, entre outros. No entanto, destaca-se que é imprópria para locais de alta densidade populacional (FUNASA, 2007, p. 177).

Para áreas onde há água encanada, indica-se o próprio vaso sanitário, do qual o esgoto será destinado até a rede pública ou, na ausência dessa, até um tanque séptico e, desse, para sumidouro (FUNASA, 2007, p. 184).

3.5.2 Sistemas Coletivos

Entre os sistemas coletivos de esgotamento sanitário, pode-se fazer a divisão entre o sistema unitário e o separador absoluto.

A diferença básica entre eles diz respeito ao que é coletado. No sistema separador absoluto, conforme mencionado anteriormente, há coleta apenas do esgoto sanitário em um coletor. Já o sistema unitário é aquele em que há a coleta de esgoto doméstico e pluvial em um único coletor.

Azevedo Netto (2002, p. 510) apresenta como vantagem do sistema separador, entre outras, a menor poluição das águas receptoras uma vez que não haverá extravasão dos esgotos decorrentes dos períodos de chuvas intensas.

Steel (1966 *apud* NUVOLARI, 2011) defende a implantação dos sistemas unitários devido ao menor custo com tubulações e justifica a mistura dos esgotos afirmando que as águas pluviais com materiais orgânicos também necessitariam de tratamento.

Há ainda o sistema misto, no qual há a coleta de esgoto sanitário e uma pequena parcela do pluvial no mesmo coletor. Essa parcela varia de acordo com cada país (FUNASA, 2007, p. 185).

Conforme será mencionado no decorrer do trabalho, algumas cidades brasileiras, como a do Rio de Janeiro, adotaram o sistema separador parcial. Nesse sistema, uma parcela da água pluvial, proveniente de telhados e pátios, é encaminhada junto com as águas residuárias para um único sistema de coleta (SOBRINHO e TSUTIYA, 2011, p. 3).

O sistema surgiu devido à baixa eficiência do sistema unitário em regiões quentes, com alta pluviosidade (SOBRINHO e TSUTIYA, 2011, p. 2).

De forma geral, o sistema coletivo é composto por unidades de coleta (como a rede coletora), elevação, tratamento e destino final (PEREIRA, 2010, p. 42).

3.5.2.1 Métodos Alternativos

O sistema separador absoluto mais utilizado no país é o convencional, como Figura 4 abaixo.

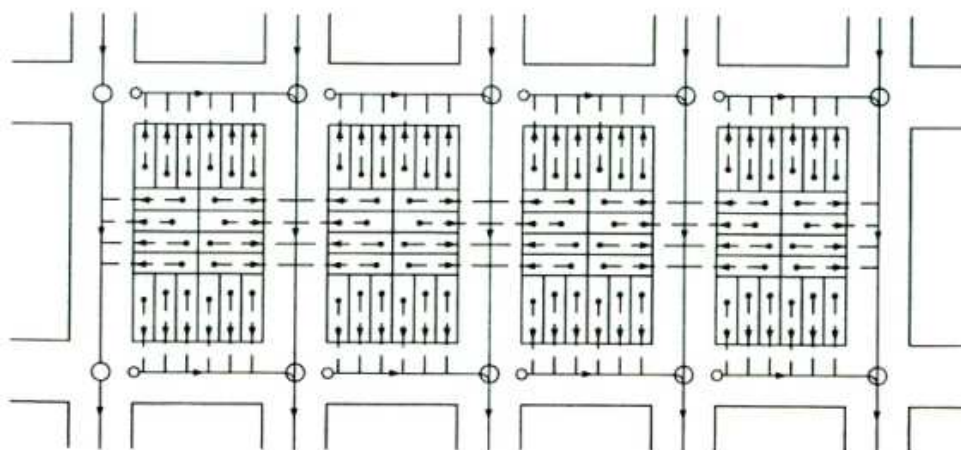


Figura 4 - Sistema separador absoluto convencional.
Fonte: AZEVEDO NETTO (1992, apud SOBRINHO e TSUTIYA, 2011).

Para esse tipo de sistema também é possível fazer uma separação entre aquele convencional e o condominial, que consiste numa forma alternativa de coleta.

Além dele, há outros métodos alternativos de esgotamento sanitário. Entre os motivos que levaram ao surgimento desses métodos, podemos citar: a busca pela universalização e as dificuldades de acesso a locais sem coleta e os altos custos com as formas convencionais.

No item 3.6.4 serão mencionados os custos de implantação de cada parte dos sistemas de esgotamento sanitário. No entanto, adianta-se aqui que o percentual gasto com as redes coletoras corresponde a 75% do total do sistema, conforme Sobrinho e Tsutiya (2011, p. 24).

Buscando métodos com menores custos de implantação e em virtude das diferenças de topografia e dificuldades de acesso a determinados locais, surgiram diferentes tipos de sistemas, aos quais damos o nome de sistemas alternativos.

Sobrinho e Tsutiya (2011, p. 24) citam como principais tipos de sistemas alternativos: sistema condominial, rede de coleta e transporte de esgoto decantado,

rede pressurizada e à vácuo e a rede coletora de baixa declividade com a utilização do dispositivo gerador de descarga.

O sistema condôminia, caracteriza-se pela formação de condôminios, em grupos de usuários, para o traçado de redes, semelhante aos ramais utilizados em edifícios, conforme Figura 5 (SOBRINHO e TSUTIYA, 2011, p. 25).

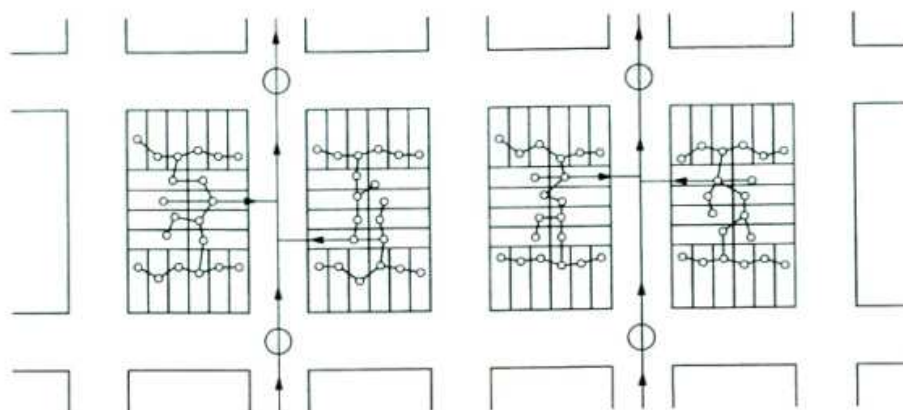


Figura 5 - Sistema separador absoluto condôminia.

Fonte: AZEVEDO NETTO (1992, *apud* SOBRINHO e TSUTIYA, 2011).

Nos itens que se seguem serão apresentadas mais características desse sistema, além de suas vantagens e desvantagens quando comparado com o convencional.

3.6 REDE COLETORA DE ESGOTOS

Conforme mencionado, a rede coletora é uma unidade de coleta que irá compor o sistema coletivo de esgotamento sanitário.

3.6.1 Definições

A rede coletora é definida como o conjunto de tubulações formado por ligações prediais, coletores de esgoto, coletores-tronco e os órgãos acessórios (NUVOLARI, 2011, p. 65).

A ligação predial corresponde ao início da rede coletora e é dada pelo trecho entre o limite do terreno e o coletor de esgoto (ABNT, 1986, p. 1).

O coletor de esgoto é a própria tubulação da rede que irá receber contribuições sanitárias dos coletores prediais em qualquer ponto ao longo de seu comprimento (ABNT, 1986, p. 1).

Diferente do coletor de esgoto, o coletor tronco irá receber apenas a contribuição sanitária de outros coletores (ABNT, 1986, p. 1).

Os órgãos acessórios são dispositivos colocados no início e no final de cada trecho do coletor, para facilitar a limpeza e inspeção dos mesmos. São também utilizados quando há mudança de direção, diâmetro, material ou cota da tubulação (PEREIRA, 2010, p. 67).

Fazem-se necessários devido à presença de grande quantidade de sólidos orgânicos e minerais nos esgotos que podem causar entupimentos em pontos singulares da tubulação, como curvas e outros. Além disso, é necessário que a rede funcione como conduto livre (SOBRINHO e TSUTIYA, 2010, p. 14).

Os principais dispositivos dizem respeito ao poço de visita (PV), tubo de inspeção e limpeza (TIL), terminal de limpeza (TL), caixa de passagem (CP) e caixa de inspeção (CI) (PEREIRA, 2011, p. 67).

Conforme a ABNT (1986, p. 3), o PV é obrigatório na reunião de mais de dois trechos e quando exige colocação de tubo de queda, nas extremidades de sifões invertidos e passagens forçadas, nas mudanças de direção, declividade, diâmetro e material e em trechos com profundidade maiores que 3,0 m.

Até há alguns anos o PV era o dispositivo mais empregado. No entanto, devido ao alto custo desses poços e à evolução dos processos de limpeza, eles vem sendo substituídos pelos outros dispositivos. Por exemplo, no início dos coletores é possível utilizar TL (SOBRINHO e TSUTIYA, 2011, p. 14).

3.6.2 Traçado da Rede

Conforme PEREIRA (2010, p. 53), o traçado da rede está diretamente ligado com a localização da estação de tratamento de esgoto (ETE), uma vez que o que é coletado deverá seguir para o tratamento.

É possível afirmar que esse traçado também está diretamente ligado com a topografia do local, sendo necessária sua análise para que se defina o sentido de escoamento do efluente. Recomenda-se que esse sentido siga o sentido de escoamento natural do terreno, sempre que possível. Isso irá garantir uma menor profundidade dos coletores e viabilizar a obra (SOBRINHO e TSUTIYA, 2011, p. 141).

Quando não é possível que o efluente chegue à estação de tratamento somente pela ação da gravidade, faz-se necessária a utilização de estações elevatórias de esgoto, para elevar o esgoto de um ponto de cota mais baixa para outro de cota mais elevada (SOBRINHO e TSUTIYA, 2011, p. 267).

3.6.3 Dimensionamento Hidráulico

Para o dimensionamento hidráulico há alguns limites de valores recomendados pela NBR 9.649 que devem ser respeitados, como diâmetro mínimo para a rede e recobrimentos mínimos, que dizem respeito à diferença entre o nível do terreno e a geratriz superior externa do coletor.

A mesma norma também faz referência às declividades mínimas que são calculadas a partir do tipo de material da tubulação e da vazão inicial.

Há ainda alguns valores citados na literatura, como para profundidades mínimas e máximas de poços de visita.

3.6.4 Custos da Rede Coletora

Conforme comentado anteriormente, a rede coletora de esgotos representa 75% do custo total de implantação de um sistema de esgotamento sanitário.

Segundo a SABESP (1980 *apud* NUVOLARI, 2011), esse custo pode ser dividido em 4 sub-itens, segundo ordem crescente de participação no custo total da implantação da rede: serviços preliminares (3,8%), serviços complementares (9,9%), assentamento de tubulações (25,1%) e execução de valas (61,2%).

Na execução da vala, responsável pela maior parte do custo, inclui-se levantamento da pavimentação, escavação, escoramento e reaterro.

Estudos comprovam que optar por uma menor profundidade do poço de visita e, portanto, por um menor volume de escavação, mesmo que aumente a extensão de rede, resulta em custos menores para a obra de forma geral (SOARES, 2004, *apud* PEREIRA, 2010).

Adiante serão comentadas algumas características do sistema condominial para coleta, mas já adianta-se aqui que em muitos casos há substituição dos PV's por CI's, acessórios com menores profundidades. Analisando somente esse quesito já é correto afirmar que os custos da rede coletora nesse sistema tendem a ser menores.

3.7 SISTEMA CONDOMINIAL

Anteriormente já foi dada uma breve descrição do sistema condominial. Conforme mencionado, ele consiste em agrupar usuários em condomínios para que haja o traçado da rede coletora.

O sistema é formado por rede básica e a rede condominial. A primeira é instalada em área pública e a condominial pode ser de três tipos: passeio, frente de lote e fundo de lote (PEREIRA, 2010, p. 72).

Nas Figura 6, Figura 7 e Figura 8 são ilustrados os três tipos de rede condominial.

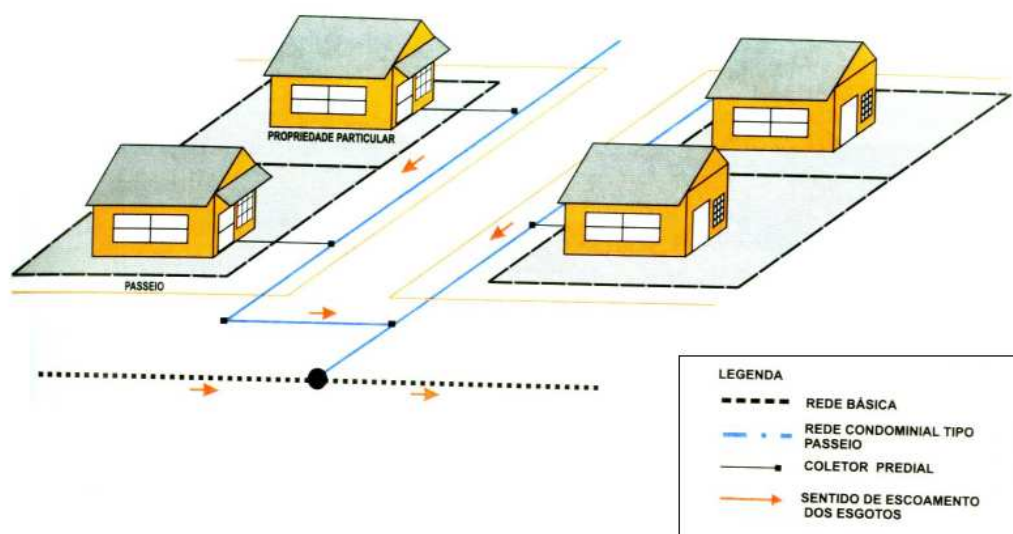


Figura 6 - Rede condominial tipo passeio.

Fonte: PEREIRA (2010, p. 73).

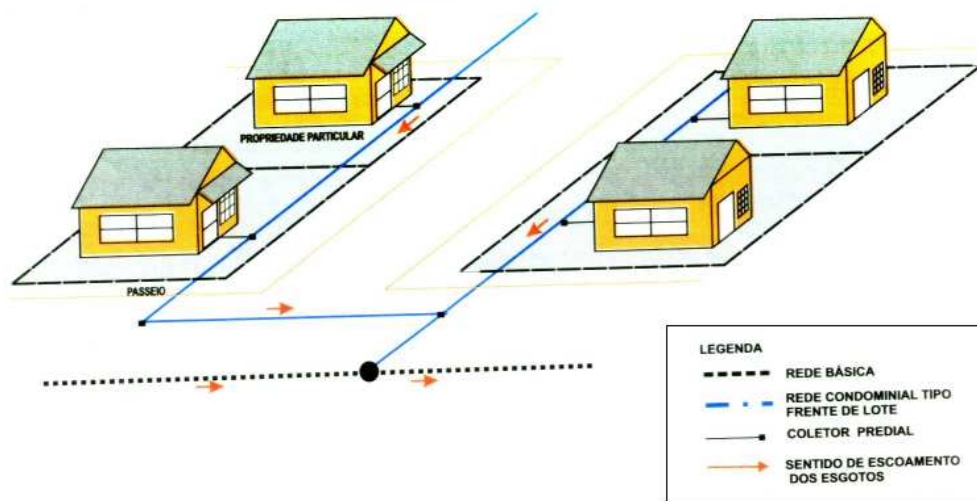


Figura 7 - Rede condominial tipo frente de lote.

Fonte: PEREIRA (2010, p. 74).

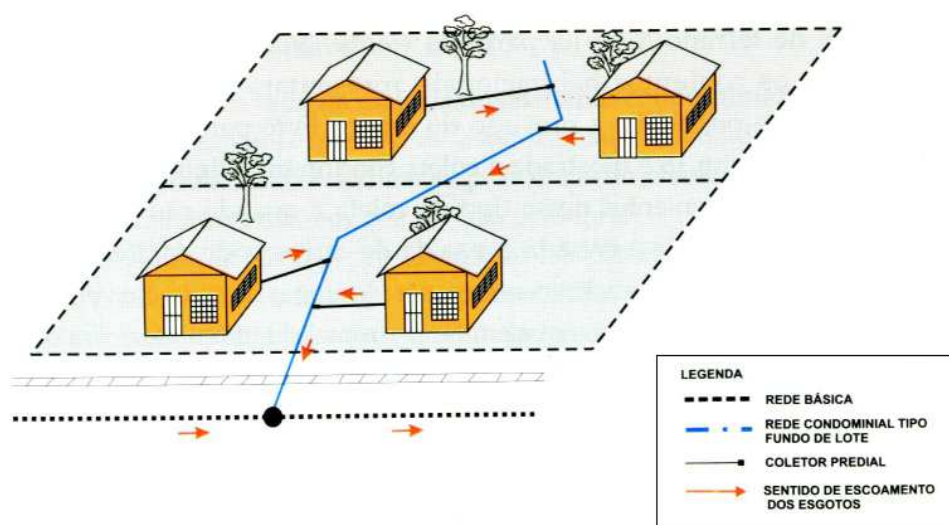


Figura 8 - Rede condominial tipo fundo de lote.

Fonte: PEREIRA (2010, p. 73).

Nesse sistema são utilizados os mesmos dispositivos daqueles usadas na forma convencional de coleta. No entanto, em muitos casos há substituição do PV por caixa de inspeção (PEREIRA, 2010, p. 72).

Por exemplo, internamente a cada lote haverá uma caixa de inspeção que irá receber as contribuições domiciliares (NUVOLARI, 2011, p. 70).

É importante comentar aqui que uma das principais características do sistema diz respeito à participação da população no projeto, execução e manutenção da rede condominial.

3.7.1 Histórico

Os métodos alternativos de esgotamento sanitário começaram a ser estudados no país a partir da década de 80 como forma de alcançar áreas de difícil acesso do sistema convencional de coleta.

Foram abordadas no histórico dos serviços de saneamento no Brasil as questões políticas que existiam, desde a responsabilidade desses serviços até as formas adotadas para promover saneamento para todos.

Os ciclos de planejamento para os serviços de esgotamento sanitário adotados quase sempre consideravam a falta de saneamento como um problema técnico, ignorando as diferenças sociais e geográficas de cada região.

Lobo (2003, p. 45) faz menção a essa situação ao citar o papel dos técnicos nos projetos de esgotamento sanitário. Esses projetos eram elaborados visando a melhor solução técnica e transferidos ao poder governamental, sem sair do papel.

Foi em meio a esse contexto que em 1980 surgiu o sistema condominial, no estado do Rio Grande do Norte.

Inicialmente o conceito do sistema se deu a partir de observações da solução adotada por grupos de moradores vizinhos para afastar as águas residuárias de suas moradias. Eles escolhiam traçados econômicos para a rede que passaria por suas propriedades e levaria os rejeitos para algum córrego ou galeria de águas pluviais (LOBO, 2003, p. 45).

A CAERN (Companhia de Águas e Esgotos do Rio Grande do Norte) implantou o sistema em bairros desordenados da cidade Natal, em uma vila popular da cidade de Santa Cruz e em dois pequenos municípios do interior do estado (MELO, 2008, p. 148).

O próximo estado a experimentar o sistema foi Pernambuco em 1982, quando a cidade de Petrolina passou a receber as redes condominiais (MELO, 2008, p. 164).

Destaca-se aqui o Distrito Federal, que passou a utilizar a coleta condominial a partir de 1991. A Companhia de Águas e Esgotos de Brasília (CAESB) determinou, a partir deste ano, o sistema condominial como o único a ser adotado em todas as áreas do Distrito Federal (LOBO, 2003, p. 57).

Pereira (2010, p. 72) cita alguns dados da CAESB, quais são: atualmente 800 mil habitantes são atendidos com 800 km de rede básica e 1600 km de rede condominial.

Além dessas, a cidade de Recife e Salvador também implantaram a rede condominial a partir da década de 90.

Ao final da mesma década, em 1998, a cidade de El Alto, na Bolívia, iniciou o processo para a implantação do sistema condominial para esgotamento sanitário. A

ideia surgiu a partir das experiências brasileiras, com o Prosanear (MELO, 2003, p. 88).

3.7.2 Princípios do Funcionamento

As ilustrações anteriores mostram o funcionamento de cada tipo de rede condominial. Basicamente, as contribuições domiciliares chegarão até as caixas de inspeção de cada lote. As caixas são interligadas pela rede condominial, formando, assim, os condomínios.

A partir de uma análise da topografia do local, escolhe-se o ponto mais baixo de cada condomínio para serem colocados os PV's da rede básica.

Nas Figura 9 e Figura 10 é apresentada a forma como deve ser feita essa escolha e o caminhamento da rede básica para o exemplo, respectivamente.

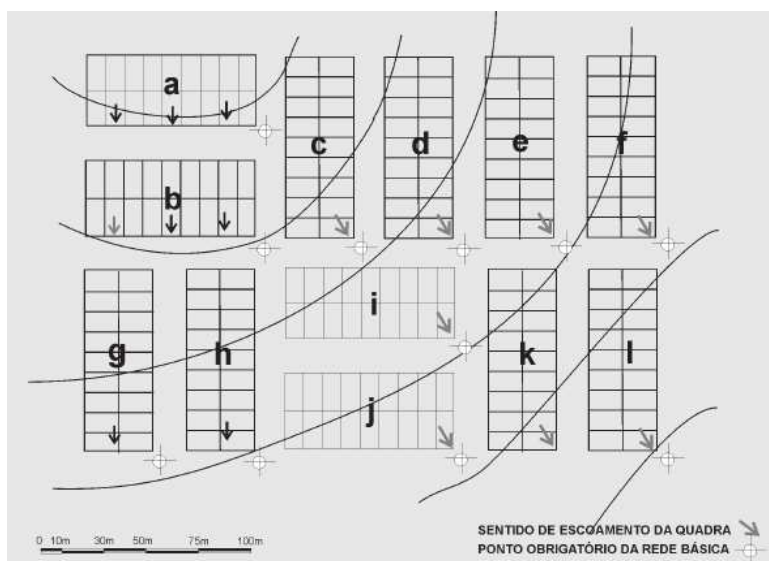


Figura 9 - Escolha do ponto mais baixo de cada condomínio.

Fonte: MELO (2008, p. 87).

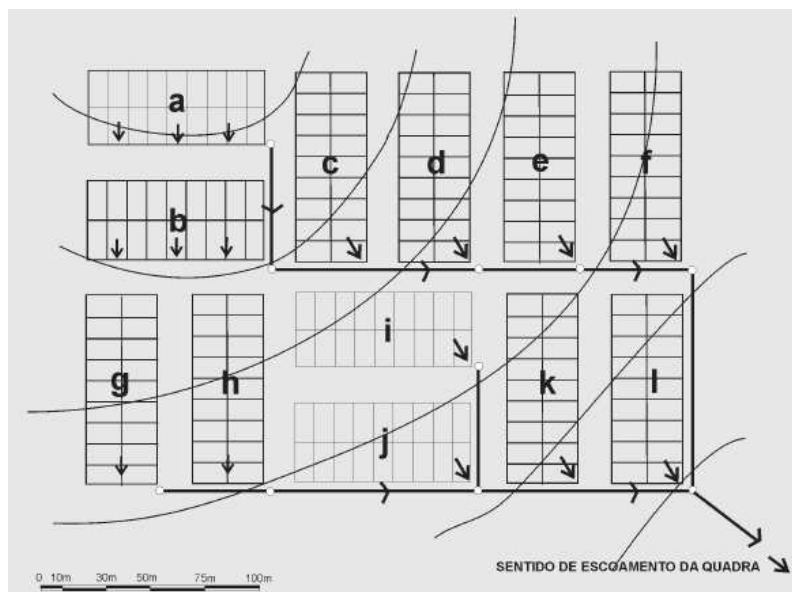


Figura 10 - Caminhamento da rede básica.

Fonte: MELO (2008, p. 87).

Na Figura 9 são mostrados nitidamente os condomínios, sendo que cada quadra corresponde a um deles.

Na Figura 10 é possível perceber a redução de PV's utilizados em relação à rede convencional. Isso se configura como uma vantagem do sistema condominial já que reduz custos de execução. As vantagens e desvantagens serão melhor explicadas no item 3.7.4. Vantagens e Desvantagens, página 42 deste.

3.7.3 Critérios Principais de Dimensionamento

Conforme item 3.6.3. Dimensionamento Hidráulico, página 35 deste, há alguns critérios de dimensionamento que devem ser seguidos. No item mencionado foram citados os valores recomendados para a rede convencional. Para a rede condominial há algumas diferenças que, conforme comentado, irão reduzir os custos de execução.

Inicialmente é importante destacar que o dimensionamento hidráulico detalhado do ramal condominial não é necessário, da mesma forma que não se dimensionam os ramais prediais. A vazão máxima de esgoto para uma quadra com 40 casas, por exemplo, dificilmente irá ultrapassar 0,4 l/s, valor bem inferior aos 1,5

l/s que a norma brasileira NBR 9.649 recomenda adotar quando inexistem dados (MELO, 2008, p. 127).

Há também valores mínimos e máximos recomendados por autores para diâmetro, profundidades dos órgãos acessórios e recobrimentos, os quais serão comentados no item 4. MATERIAIS E MÉTODOS, na página 52.

3.7.4 Vantagens e Desvantagens

Ao longo desse trabalho já foram apresentadas algumas diferenças básicas entre a rede convencional e a condominial. A partir dessas diferenças é possível apresentar vantagens e desvantagens da rede condominial quando comparada com a convencional.

Por exemplo, ao listar os custos de execução de uma rede coletora, colocou-se o custo de execução da vala como sendo quase 62% do total.

Quando apresentadas as características da rede condominial percebeu-se que há uma redução significativa no número de PV's, quando são substituídos por caixas de inspeção. Sabe-se que a profundidade máxima permitida para esses poços é de 4,0 m. As CI's, por sua vez, não devem ultrapassar 1,0 m de profundidade. Assim, fica evidente a redução de custos com execução de valas, configurando-se, dessa forma, a primeira vantagem do sistema condominial.

Azevedo Netto (1992 *apud* SOBRINHO e TSUTIYA, 2011) considera o custo de construção dos coletores na rede condominial como sendo 57,5% menor, quando comparado aos coletores da rede convencional.

Outra vantagem diz respeito à participação comunitária. É uma das principais características do sistema condominial, sendo que uma etapa importante de sua implantação é a reunião com os ocupantes dos lotes que serão atendidos.

No entanto, vale destacar que essa participação, quando não muito bem explicada, pode se tornar uma desvantagem do sistema.

Por exemplo, é possível que haja lançamento de outros resíduos na rede condominial situada no interior de um lote, como sólidos urbanos e águas pluviais (SOBRINHO e TSUTIYA, 2011, p. 28).

Além disso, Lobo (2003, p. 86) coloca essa participação comunitária como um desafio quando se deve criar entre os moradores uma consciência coletiva para que passem a pensar em conjunto, trabalhando por metas comuns, deixando de lado a individualidade.

3.7.5A Experiência no Brasil

No item 3.7.1. Histórico, página 38 deste, foram mencionadas algumas cidades brasileiras que implantaram o sistema condominial. Entre elas, serão abordadas aqui a cidade de Natal, o estado do Distrito Federal e a cidade de Salvador.

3.7.5.1 Natal

Pioneira nesse sistema, dois bairros da cidade foram contemplados com a rede condominial para a coleta de esgotos. Foram eles Rocas e Santos Reis, com 16 mil habitantes na época (1981), localizados próximos à praia.

Diversos fatores foram decisivos para a escolha da rede condominial. Entre eles, as precárias condições de habitação e sanitárias e a alta densidade habitacional. Além disso, o fato de as casas estarem abaixo do nível das ruas e suas instalações sanitárias estarem quase sempre no fundo dos lotes dificultava a ligação nos ramais individuais dos logradouros.

Diante disso, as autoridades competentes chegaram à conclusão de que a única forma de se ter a coleta de esgotos seria através de tubulações que percorressem o interior dos lotes, desviando de obstáculos sob a forma de pisos e construções (MELO, 2008, p. 149).

Daí a ideia de implantar a rede condominial, pela primeira vez no país. Como as redes passariam dentro dos lotes, seria importante ter a concordância da população. Assim surgiram as primeiras reuniões de quadras.

Vale destacar que nunca antes havia ocorrido uma reunião com os beneficiários para se discutirem as soluções para um problema de saneamento, havendo nítida participação dos mesmos.

Por ser a primeira vez que se utilizaria esse sistema, a quadra 90 foi a quadra piloto do projeto (Figura 11).

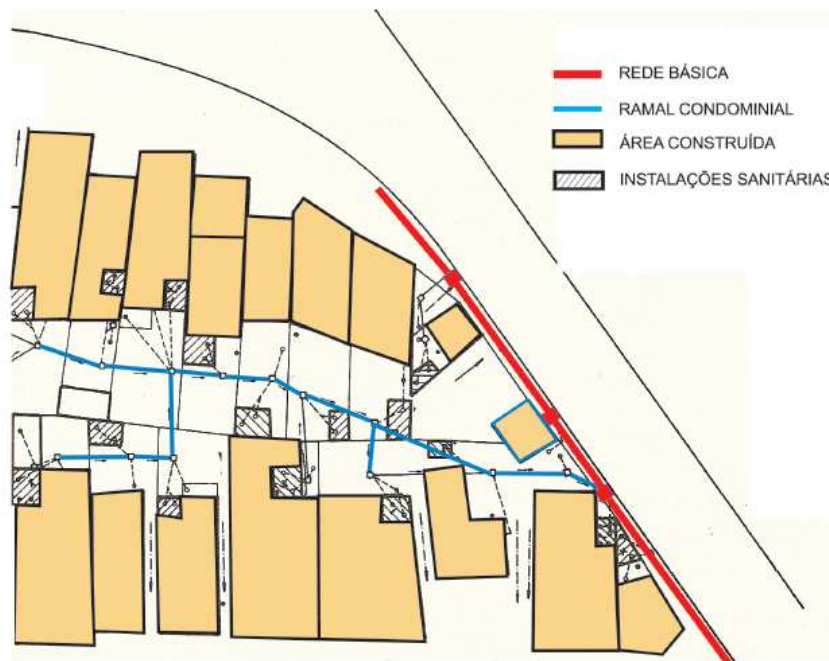


Figura 11 - Quadra 90, Quadra Piloto.

Fonte: MELO (2008, p. 152).

A partir da quadra piloto, da primeira reunião de quadra, ou condomínio e da implantação do ramal condominial, as demais centenas de quadra se submeteram ao mesmo processo participativo.

Ao final do projeto, 98% da população dos bairros passou a ser atendida com coleta de esgotos e a obra recebeu a atenção do Saneamento Nacional e do Governo Federal (MELO, 2008, p. 152).

Na Figura 12 é mostrado o antes e o depois de uma rua contemplada com a rede condominial. Destaca-se a eliminação da vala que recebia os efluentes.



**Figura 12 - Rua antes (esquerda) e depois (direita) da rede condominial.
Fonte: MELO (2008, p. 153).**

3.7.5.2 Distrito Federal

Devido à grande extensão de rede condominial implantada pela companhia de águas e esgoto (CAESB) em todo o Distrito Federal, vale destacar o sistema condominial da cidade de Brasília e de todo o estado.

Vale mencionar que foi a mais completa obra desse modelo no Brasil e no mundo.

No início da década de 90 o governo estadual implantou um programa habitacional construindo verdadeiras cidades através da doação de lotes. Nesse contexto, era meio milhão de pessoas com precário serviço de esgotamento sanitário (MELO, 2008, p. 191).

Em 1994 a Caesb optou então por implantar o sistema condominial, tomando como exemplo a cidade de Petrolina (LOBO, 2003, p. 77).

As principais características do local eram: topografia com declives suaves e contínuos (ideais para qualquer coletor); urbanização regular com pavimentação ausente das ruas, facilitando escavações e re-aterros; e habitação recente, sem soluções individuais para os esgotos (MELO, 2008, p. 193).

No entanto, haviam também dificuldades, como os limitados recursos financeiros. Daí o surgimento das duas modalidades disponíveis pela Caesb, às quais fazem referência os dois autores Melo (2008, p. 195) e Lobo (2003, p. 77).

Na primeira delas, a companhia implantava a rede principal (básica) e os moradores ficavam responsáveis pelos ramais condominiais, com assistência técnica da Caesb. Na segunda, a companhia implantava as duas redes (básica e condominial) e havia a cobrança da taxa de ligação, que correspondia a uma média do custo de implantação do sistema condominial (LOBO, 2003, p. 78).

Havia o conceito de que os ramais situados no passeio eram de responsabilidade pública e os ramais instalados no interior dos lotes eram de responsabilidade dos usuários. Nesse último caso havia um desconto na tarifa cobrado pelos serviços de saneamento na ordem de 40% (MELO, 2008, p. 195).

Cabia aos moradores escolher entre essas duas modalidades e também entre os três locais destinados à rede condominial (passeio, frente e fundo de lote). Entretanto a Caesb recomendava que se optasse pela segunda alternativa e com a rede no passeio.

A cidade de Santa Maria, situada há 40 km da capital brasileira, serve como exemplo do sistema condominial implantado no Distrito Federal. Segundo Melo (2008, p. 197), foi projetada para 170 mil habitantes.

Na Figura 13 é mostrado o início da construção das casas, com destaque para as valas negras que surgiam.



**Figura 13 - Início da ocupação em Santa Maria e valas negras.
Fonte: MELO (2008, p. 198).**

Na Figura 14 está a vista área da cidade quando de início da implantação do sistema condominial.



Figura 14 - Santa Maria no início da implantação do sistema condominial.
Fonte: MELO (2008, p. 199).

O projeto de rede coletora da cidade pode ser visto na Figura 15. Nota-se a formação dos condomínios e o ponto de coleta desses condomínios indicados com setas. Nesses pontos os ramais condominiais se ligam à rede pública, indicada no desenho.

É nítida a diminuição de extensão de rede com esse sistema, comparado com um convencional que poderia ser implantado na mesma área.

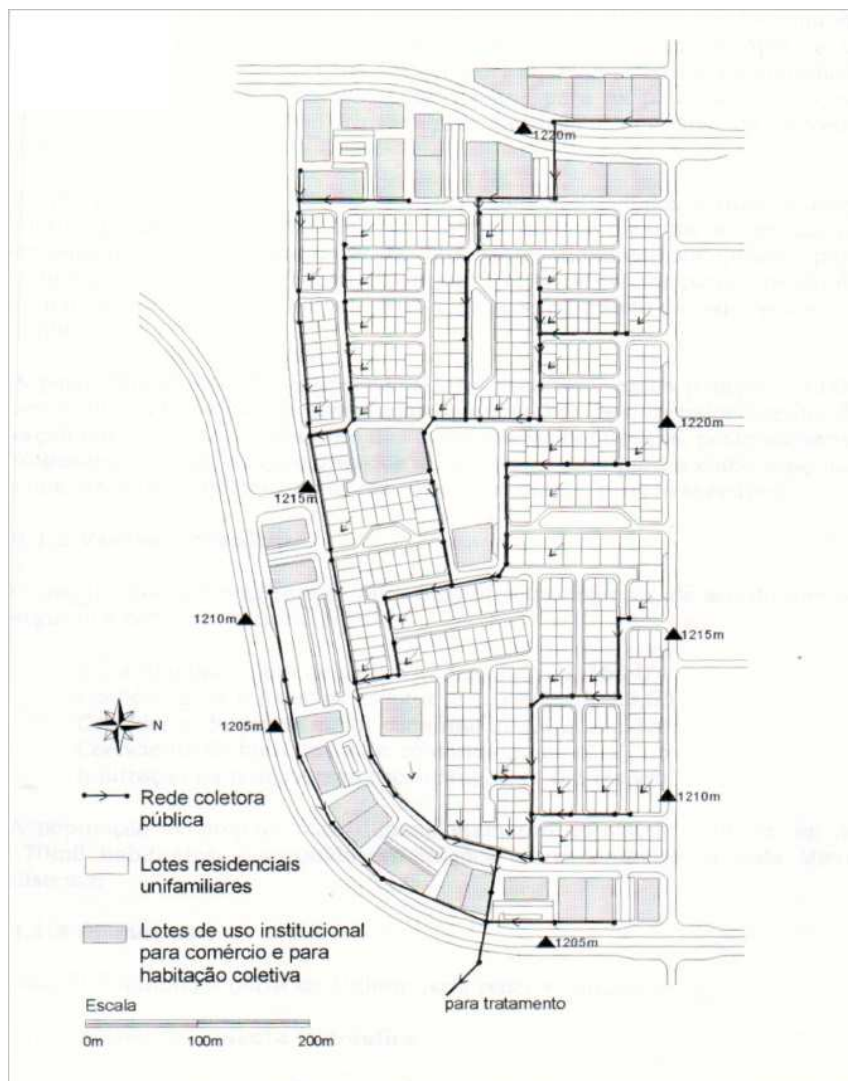


Figura 15 - Projeto da rede coletora de esgotos de Santa Maria.
Fonte: PERY (1998 apud MELO, 2008).

Como características desse sistema, além daquelas já mencionadas como do Distrito Federal em geral, citam-se: mais da metade do coletor com diâmetro de 100 mm (56%), sendo quase todo o restante de 150 mm (29%) e apenas 3% de 250 mm ou mais; rede implantada no passeio com profundidade máxima de 1,20 m e substituição dos PV's por CI's (MELO, 2008, p. 202).

Essas características também se estendem por todo o Distrito Federal contemplado com o sistema condominial.

Na Tabela 5 é apresentado um resumo dos números dos sistemas de esgotos do Distrito Federal, para dezembro de 2006.

Tabela 5 - Sistemas de Esgotos do Distrito Federal.

	TOTAL	CONVENCIONAL	%	CONDOMINIAL	%
População					
Urbana (dez/2006)	2.200.000	1.181.224	53%	1.018.776	47%
Ligações (un)	409.447	212.941	52%	197.466	48%
Extensão de rede (km)	5.400	2.500	47%	2.900	53%

Fonte: MELO (2008, p. 208).

Analisando a Tabela 5, é possível notar que o atendimento com rede convencional e condominial quase que se equiparam no estado, sendo a rede convencional um pouco mais freqüente. Em termos de extensão de rede, a condominial apresenta quilometragem um pouco maior, provavelmente devido ao caminhamento diversificado para atender à toda população.

3.7.5.3 Salvador

Em 1994 o governo estadual deu início ao programa Bahia Azul, de responsabilidade da Embasa (Empresa Baiana de Água e Saneamento S/A), para combater a poluição das águas da Baía de Todos os Santos (LOBO, 2003, p. 81).

Isso porque era freqüente o sistema unitário na capital baiana, havendo mistura dos esgotos com as águas pluviais, que seguiam para os cursos d'água.

O programa continha um conjunto de ações para abastecimento de água, esgotamento sanitário, coleta e disposição dos resíduos sólidos, drenagem, etc. A meta principal era atender 100% da população com abastecimento de água e 80% com esgotamento sanitário.

Para isso, optou-se pela utilização do sistema condominial devido, principalmente, a dois fatores. São eles: menores custos de implantação, podendo atender um maior número de pessoas com os mesmos recursos; e atendimento a pessoas que não seriam atendidas com o sistema convencional (LOBO, 2003, p. 81).

Esse último fator está diretamente ligado à topografia e ocupação do solo típicas de Salvador. Era comum haver habitações nas margens dos córregos, locais comumente destinados aos coletores e interceptores. Para utilizar o sistema convencional seriam necessárias várias desapropriações, o que encareceria sua utilização (MELO, 2008, p. 227).

Segundo LOBO (2003, p. 81), em 2003 previa-se quase 2 milhões de metros de rede coletora para a cidade para atender 1,5 milhão de pessoas, sendo que 63% da rede seria pelo sistema condominial.

É válido destacar que a rede condominial de Salvador apresenta características diferentes das demais implantadas no país, como exemplo o diâmetro mínimo adotado. Através dos cálculos hidráulicos é comum que se utilize 100 mm na maioria do coletor, a exemplo do sistema adotado no Distrito Federal.

Lobo (2003, p. 82) afirma que Salvador fixou diâmetros, independente do dimensionamento, sendo utilizado 100 mm apenas para os trechos que atendem as dez primeiras residências atendidas de cada ramal. Melo (2008, p. 235) fala em quinze residências.

É importante citar os problemas encontrados, decorrentes, em alguns casos, dos erros de cronogramas. Por exemplo, algumas ligações domiciliares foram concluídas após a conclusão dos ramais condominiais, impedindo seu funcionamento. Em outros casos não haviam pontos de descarga finalizados e a tubulação levava o esgoto até um certo ponto até que se finalizem os interceptores ou estações elevatórias (LOBO, 2003, p. 82).

Quanto às responsabilidades de cada parte do sistema, a Embase ficou responsável pela operação das redes, mesmo quando em interiores dos lotes. Os condôminos eram consultados apenas para saber o local de passagem de tubulação, não havendo participação na construção, como ocorreu no Distrito Federal.

Por essa falta de participação da população surgiram alguns problemas, como ligações clandestinas e encaminhamento das águas pluviais para as redes condominiais instaladas para receberem esgotos (LOBO, 2003, p. 83).

Na tentativa de solucionar esses problemas, a Embasa criou um programa de ligações domiciliares para intervir na prática, regularizando as ligações, e para instruir a população sobre a forma correta de utilizar a rede (LOBO, 2003, p. 84).

4 MATERIAIS E MÉTODOS

A fim de comparar o sistema separador absoluto convencional com o sistema condominial para coleta de esgotos, foi adotada um método específico, contendo alguns passos essenciais comentados a seguir.

4.1 ESCOLHA DO MUNICÍPIO

Conforme já mencionado, para comparar os sistemas condominial e o separador absoluto foi escolhido o bairro Cidade Industrial de Curitiba (CIC), localizado na região centro oeste do município de Curitiba (Figura 16).

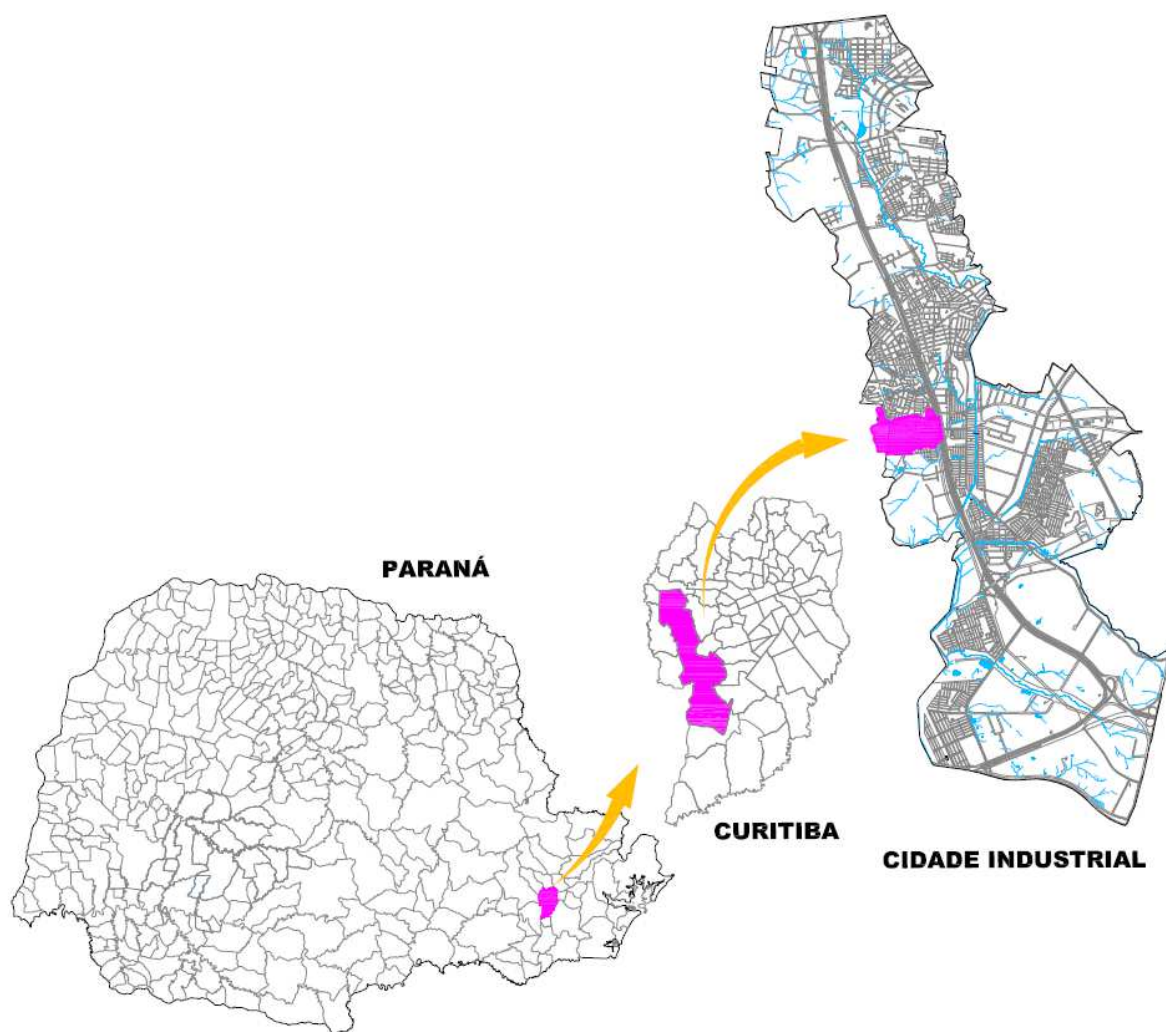


Figura 16 - Localização da área de estudo.

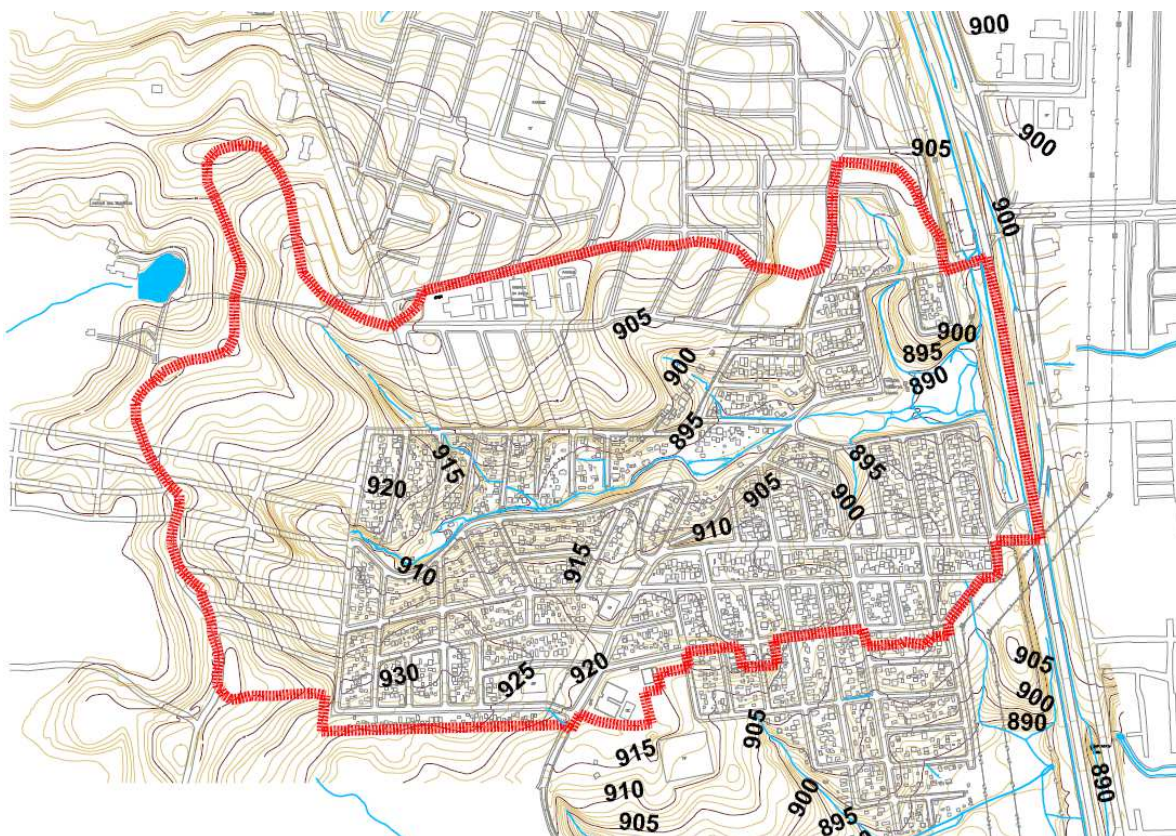
4.2 DELIMITAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO

A Figura 17 apresenta a foto aérea da área de estudo no bairro CIC que servirá como estudo de caso para avaliar as diferenças entre os sistemas. A área possui aproximadamente 0,73 km².



**Figura 17 - Foto aérea da área de estudo.
Fonte: Google (2013).**

Na Figura 18 é mostrada a base cartográfica, com as curvas de nível, da mesma área da Figura 17.



**Figura 18 - Base topográfica da área de estudo.
Fonte: ECOSOL (2013).**

Fica evidente a disposição das edificações em cada lote e o caimento dos lotes a partir das curvas de nível e dos córregos, que determinam esse caimento, o que nem sempre ocorre para frente dos lotes.

O sistema condominial é uma solução interessante para quadras em que há lotes com caimento para os fundos, pois a rede convencional apresentaria trechos profundos nesses locais.

A escolha da área de estudo é justificada pela afirmação de Nuvolari (2011) de que o sistema condominial atenderia lotes que não possuem caimento para frente.

4.3 ESTUDO POPULACIONAL

Para o início do dimensionamento das redes convencional e condominial é necessário que haja uma população de início de plano e uma estimativa da população final, para projetar corretamente o sistema.

A população de início de plano foi estimada com base no número de economias residenciais de água fornecidos pela SANEPAR (2007), específico para a área de estudo. Com o número de economias e a taxa de ocupação (habitante por domicílio) determinada no censo do IBGE de 2010, obtém a população de entrada.

Para a população de saturação foi considerado o período de alcance de projeto de 20 anos, valor usual utilizado pelas concessionárias de saneamento. Após estudo demográfico, respeitando o zoneamento para região, estima-se população levando em consideração a área possível de expansão e a taxa de ocupação.

Para analisar as zonas de ocupação da área de estudo, foi utilizada a lei de zoneamento da Prefeitura Municipal de Curitiba, a fim de saber o crescimento permitido para a área.

A taxa de ocupação da área de projeto foi definida com base em dados do IBGE e do IPPUC, que apresenta a evolução de ocupação do bairro CIC.

Para determinar a área de expansão da área de estudo, ou seja, o acréscimo populacional definido pela ocupação em áreas hoje não ocupadas, foi levado em consideração o zoneamento da região e a situação atual, a qual foi analisada após visita ao local.

Delimitando-se a área para expansão populacional, é utilizada a Equação (1) para determinar a vazão concentrada originária dessa área que deve ser considerada no dimensionamento da rede coletora.

Embora o zoneamento ainda permita saturação, após visita ao local, constatou-se que o mesmo possui ocupação consolidada e, por isso, não será feito adensamento. Dessa forma, foi considerada apenas a área remanescente, passível de ocupação.

Para o cálculo da vazão concentrada originária da área de expansão utilizou-se a Equação (1).

$$Q_r = \frac{q \times p \times C \times K_1 \times K_2}{86.400} \quad (1)$$

Em que:

- Q_r = vazão concentrada de referência para um lote, em m^3/s ;
- q = *per capita* de água, em L/hab.dia;

- p = taxa de ocupação, em hab/dom;
- C = coeficiente de retorno;
- K_1 = coeficiente de máxima vazão diária;
- K_2 = coeficiente de máxima vazão horária.

A população inicial utilizada na área de estudo foi obtida do produto do número de economias totais pela taxa de ocupação adotada.

Para final de projeto adotou-se a população obtida do produto do número de economias futuras totais pela taxa de ocupação adotada.

4.4 PLANO DE ESCOAMENTO

A segunda etapa consistiu da análise do plano de escoamento, determinando os locais por onde passa a rede coletora e o sentido do fluxo. Analisando a topografia do local a partir das curvas de nível a cada metro da base topográfica, escolheu-se o melhor caminamento para a rede coletora, optando, sempre que possível, pelo escoamento por gravidade.

A rede convencional teve assentamento preferencial sob o passeio, evitando passar pelo eixo da rua e evitando, também, as desapropriações, exceto quando o melhor traçado se dava por dentro dos lotes, de forma a não aprofundar trechos à jusante.

Para o traçado da rede condominial foi levada em consideração a posição das edificações dentro de cada lote, verificando qual o melhor tipo de ramal condominial (passeio, frente ou fundo de lote), conforme Figuras 6, 7 e 8.

4.5 DIMENSIONAMENTO DA REDE COLETORA

Com o número de habitantes para o início de plano e para 20 anos e com o traçado da rede, foi feito o dimensionamento da rede coletora, determinando

profundidades à montante e à jusante de cada trecho, diâmetros necessários para as tubulações, bem como declividades, vazões, órgãos acessórios, dentre outros.

As redes para o sistema convencional e para o sistema condominial tiveram dimensionamentos diferenciados.

4.5.1 Rede Convencional

Para dimensionamento da rede convencional foi utilizado o *software* Sancad. O programa corresponde a um aplicativo gráfico que é utilizado em conjunto com o AutoCAD®. Possuindo o traçado da rede, feito em AutoCAD®, fez-se o dimensionamento das canalizações no Sancad. Convém esclarecer que esse *software* em questão segue estritamente as diretrizes recomendadas na norma de dimensionamento da rede coletora (NBR nº 9.649/1986), e que sua utilização é justificada principalmente para acelerar a fase de dimensionamento, uma vez que o plano de escoamento na área escolhida resultou em inúmeros trechos. A planilha de cálculo obtida se encontra em anexo.

Nas Figuras 19, 20 e 21 são apresentadas figuras e explicações a respeito da utilização do *software*. A Figura 19 corresponde à sua interface inicial. Escolhendo a opção “Esg” inicia-se o dimensionamento.

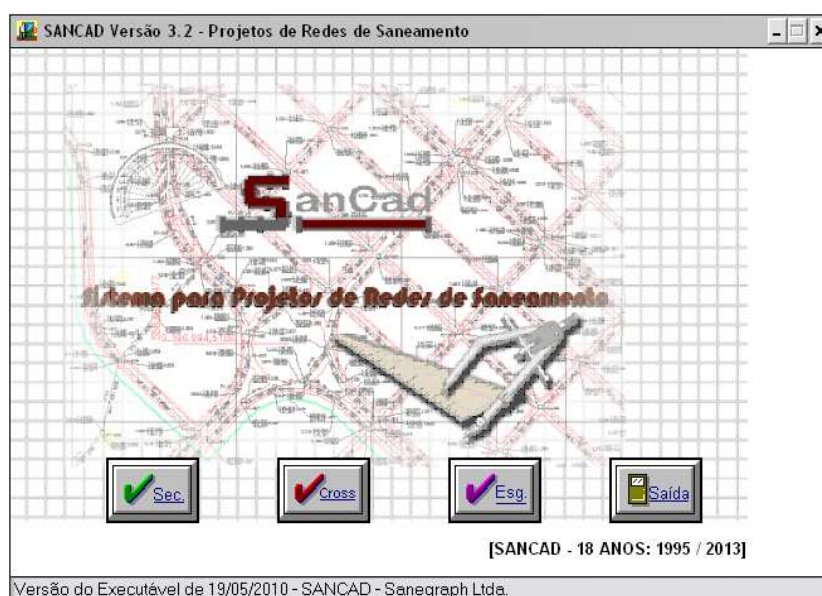


Figura 19 – Interface Sancad.
Fonte: Autoria própria (2013).

Nas Figura 20 e Figura 21 são mostrados os próximos passos para dar sequência ao dimensionamento. Na aba “Arquivo” importa-se o arquivo com a rede coletora. Feito isso, colocam-se os dados da área de estudo a partir da aba “Dados”, escolhendo a opção “Incluir”. É nesse ponto que se utilizam os dados de população determinados anteriormente, além dos valores de K_1 , K_2 , consumo per capita de água, coeficiente de retorno, taxa de infiltração, recobrimentos mínimos dentre outros.

Vale ressaltar que se podem estabelecer critérios, como altura da lâmina máxima, profundidade máxima do degrau, tensão trativa mínima, dentre outros, de acordo com as normas brasileiras (ver Figura 21).

Com o traçado da rede, com os dados de entrada e com os critérios de dimensionamento, calculou-se a rede e analisaram-se os diâmetros encontrados para cada trecho, as profundidades montante e jusante, as alturas das lâminas líquidas, dentre outras variáveis para obter a melhor alternativa de escoamento.

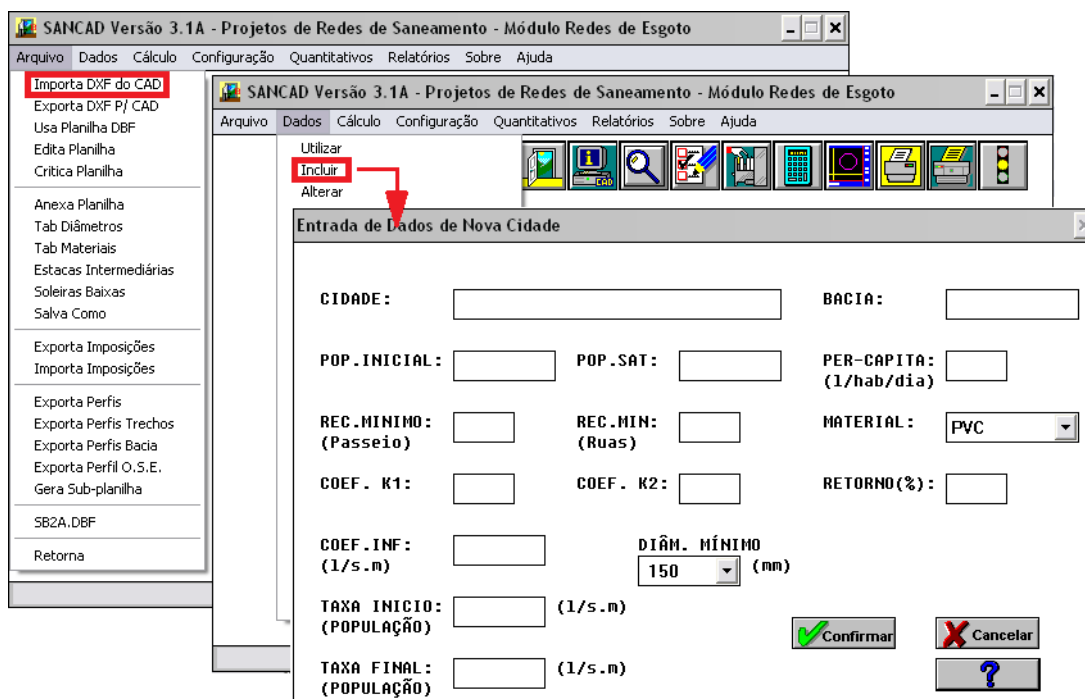


Figura 20 – Sequência de dimensionamento - Sancad.
Fonte: Autoria própria (2013).

The screenshot shows the 'Trechos a Serem Calculados' dialog box in the SANCAD software. The interface includes the following elements:

- TRECHO INICIAL:** [Empty text box]
- TRECHO FINAL:** [Empty text box]
- FORÇAR A JUSANTE (m):** [0.30]
- LÂMINA MÁXIMA(%):** [75]
- I MINIMO: (m/m)** [Empty text box]
- TRAT. MÍNIMA:** 1.0 1.5
- DIÂMETROS PROGRESSIVOS:** SIM NAO
- DESPREZA DG (cm):** [4.99]
- DG MÍNIMO (cm):** [5]
- TRATIVA 0.6 Pa P/ PUC:** SIM NAO
- Q 2ª ETAPA NA 1ª ETAPA:** SIM NAO
- Checkboxes:**
 - Iguala Geratriz Superior
 - Vel. Crítica pela Norma
 - Concreto Para DN > 400
 - lmin PVC 0.6 Pa pela nova norma
 - 0.0045 m/m Para PVC
 - Recobre Estacas E Soleiras
 - Com parâmetros Fixados
 - Restringe Diâmetro DN 100
 - Calcula como Cerâmico

At the bottom, there are three buttons: 'Confirmar' (with a green checkmark), a question mark icon, and 'Cancelar' (with a red X). The status bar at the bottom left shows 'P013'.

Figura 21 – Critérios para cálculo - Sancad.
Fonte: Autoria própria (2013).

Conforme mencionado anteriormente, é necessário informar as populações inicial e de saturação, já calculadas, e outros dados de entrada, como K_1 e K_2 (coeficiente de máxima vazão diária e coeficiente de máxima vazão horária), coeficiente de retorno (C), taxa de infiltração e consumo de água per-capita (q) em L/hab. dia.

Para esses dados, utilizou-se:

- $K_1 = 1,2$;
- $K_2 = 1,5$;
- Coeficiente de retorno (C) = 80%;
- Taxa de infiltração (i) = 0,0001 l/s.m;
- Consumo *per capita* (q) = 125 L/hab.dia (de acordo com SANEPAR, 2010).

A partir dessas informações, determinou-se por meio do *software* as vazões acumuladas, as declividades, os diâmetros necessários e as lâminas de cada trecho. Além disso, calculou-se a tensão trativa do trecho, que corresponde à tensão

existente entre o fluido e a parede da tubulação para que haja o arraste das partículas em seu interior.

O procedimento de cálculo utilizado pelo *software* para o cálculo das vazões é inteiramente baseado na NBR 9649 e se dá com as equações 2 a 11.

$$\bar{Q}_i = \frac{C \times P_i \times q}{86400} \quad (2)$$

$$\bar{Q}_f = \frac{C \times P_f \times q}{86400} \quad (3)$$

Nas quais, \bar{Q}_i e \bar{Q}_f correspondem às contribuições médias inicial e final, respectivamente.

Com esses valores é feito o cálculo das vazões iniciais e final de contribuição (Q_i e Q_f), com as Equações (4) e (5).

$$Q_i = K_2 \cdot \bar{Q}_i + Q_{\text{inf}} \quad (4)$$

$$Q_f = K_1 K_2 \cdot \bar{Q}_f + Q_{\text{inf}} \quad (5)$$

sendo Q_{inf} igual ao produto da taxa de infiltração pelo comprimento total de tubulação.

Por fim, calculam-se as taxas de contribuição linear inicial e final (T_{xi} e T_{xf}) (Equação 6 e Equação 7).

$$T_{xi} = \frac{Q_i - \sum Q_{ci}}{L_{TOTAL}} \quad (6)$$

$$T_{xf} = \frac{Q_f - \sum Q_{cf}}{L_{TOTAL}} \quad (7)$$

Deve-se salientar que a taxa calculada pelo *software* não inclui a vazão de infiltração e refere-se a contribuições bilaterais.

- Vazões: chega-se à vazão de cada trecho multiplicando as taxas acima pelo seu comprimento, lembrando de dividir por dois quando a contribuição desse for unilateral, o que ocorre na maioria dos casos. Ainda é somada a vazão de infiltração do trecho, que se dá pela multiplicação da taxa de infiltração pelo comprimento do trecho.

- Declividades: calculadas pela razão entre a diferença de profundidades a montante e a jusante e o comprimento do trecho. Nesse ponto é analisada a

declividade mínima. Para que a tensão trativa promova autolimpeza da tubulação, é necessário que ela seja superior a 1 Pa. Nesse quesito, há uma declividade mínima que garante essa condição, calculada pela Equação (8):

$$I_0 = 0,0055.Q_i^{-0,47} \quad (8)$$

sendo que essa vazão é a mínima estabelecida pela norma, de 1,5 L/s. Assim, o valor para a declividade mínima é 0,00455 m/m.

- Diâmetros: calculados a partir da Equação (9) a seguir:

$$D = \left(0,0463 \cdot \frac{Q_f}{\sqrt{I}} \right)^{0,375} \quad (9)$$

Conforme a NBR 9.649 o diâmetro mínimo a ser adotado para a rede é de 100 mm. No entanto, no estado do Paraná, esse diâmetro mínimo admitido é de 150 mm (SANEPAR, 2010).

- Lâminas: calculadas a partir da vazão a jusante e a declividade do trecho, conforme Equação (10) abaixo.

$$\text{Lâmina} = \frac{Q}{\sqrt{I}} \quad (10)$$

Seguindo orientações da norma já mencionada, as lâminas não devem ultrapassar o valor de 0,75.D, ou seja, o fluido deve ocupar no máximo 75% da seção da tubulação, para que se admita escoamento livre, em regime uniforme e permanente. No dimensionamento das redes foi utilizada lâmina máxima de 0,7D devido a orientações da Sanepar. Não é incomum que ao longo da rede hajam contribuições de águas pluviais e/ou ligações clandestinas que venham a acrescer a vazão calculada para determinado trecho. Prevendo esse tipo de situação, a concessionária pede que o valor da lâmina seja reduzido, de forma a compensar esse aumento de vazão que pode vir a ocorrer.

- Tensão Trativa: dada pela Equação (11):

$$\sigma_t = \gamma.Rh.I_0 \quad (11)$$

sendo γ o peso específico da água (1000 kgf/m³) e Rh o raio hidráulico. Para o cálculo, utilizou-se a tabela do ANEXO A, que relaciona o valor da lâmina líquida (y/D) com o Rh. Vale lembrar que o menor valor para tensão trativa deve ser um, do contrário não é promovida a autolimpeza da tubulação.

- Velocidades: as velocidades iniciais e finais de cada trecho são calculadas a partir da relação entre a lâmina líquida (y/D) e a declividade do tubo. Essa relações podem ser vistas no ANEXO B.

O comprimento e as profundidades à montante e á jusante de cada trecho foram determinadas a partir do próprio traçado da rede.

Vale destacar que há valores mínimos e máximos recomendados na literatura para as profundidades dos poços de visita, como já foi mencionado anteriormente. Para a profundidade mínima, Nuvolari (2011, p. 70) recomenda variação de 0,90 m a 1,60 m. A profundidade máxima, por sua vez, não deve ultrapassar 3,0 a 4,0 m, segundo os autores Sobrinho e Tsutiya (2011, p. 22).

Para determinar essas profundidades deve-se levar em consideração também os recobrimentos mínimos. Na NBR nº 9.649/1986 é recomendado que os recobrimentos não sejam inferiores a 0,90 m e 0,65 m para a tubulação assentada sob a via de tráfego e sob o passeio, respectivamente. No entanto, vale destacar que as companhias de saneamento algumas vezes também determinam valores para os recobrimentos, respeitando as normas. Na Sanepar, por exemplo, são definidos recobrimentos mínimos de 1,0 m, independente do local aonde será assentada a tubulação, para melhor atender residências abaixo do nível da rua.

Para o dimensionamento da rede convencional e da rede básica do sistema condominial utilizaram-se recobrimentos de 1,0 metro, mantendo o padrão da Sanepar,, conforme parágrafo anterior.

Com relação aos órgãos acessórios foram levadas em consideração orientações da concessionária para que não fossem determinados em projeto dispositivos não utilizados pela empresa.

Para o dimensionamento foi considerada, ainda, a vazão concentrada da área de expansão para determinar o diâmetro correto que suportará a máxima vazão da área para 20 anos.

4.5.2 Rede Condominial

Para o dimensionamento da rede básica foi utilizado o *software* Sancad. Para os ramais condominiais não foi possível utilizar essa ferramenta computacional, pela diferença de critérios adotados nesse sistema e pela utilização de CI's onde haveriam PV's no convencional.

Além disso, como citado anteriormente, não é necessário o dimensionamento hidráulico detalhado do ramal condominial, uma vez que esse tem função semelhante a de uma ligação predial e em uma quadra o somatório de vazões de esgoto ainda é inferior aos 1,5 L/s ao qual faz referência as normas brasileiras.

Tal fato se comprova quando são analisadas as vazões concentradas calculadas, advindas dos ramais condominiais. Essas vazões foram calculadas a partir da Equação (1).

Para a rede condominial ainda não há normas específicas que determinem valores limites para diâmetros, profundidades e outros. No entanto, conforme comentado, há alguns valores mínimos e máximos citados na literatura. Melo (2008, p. 133) afirma que o diâmetro recomendado é de 100 mm. Pelas vazões reduzidas foi utilizado DN 100 mm, conforme mencionado.

Para as caixas de inspeção no interior dos lotes, o mesmo autor menciona profundidades mínimas e máximas variando entre 0,6 m e 1,0 m (MELO, 2008, p. 128).

Por fim, os recobrimentos mínimos para ramais condominiais internos (fundo de lote ou jardim) e ramais de passeio devem ser de 0,3 m e 0,6 m, respectivamente (MELO, 2008, p. 133).

4.6 QUANTITATIVO E ESTIMATIVA DE CUSTOS

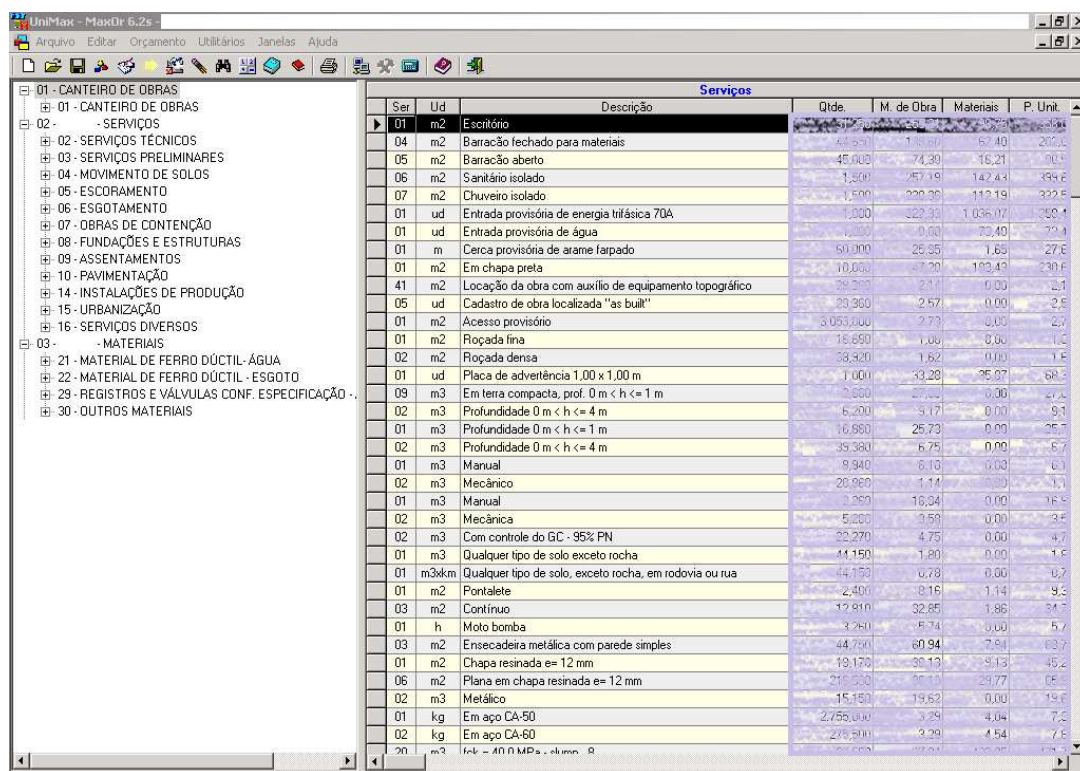
Os resultados apresentados pelo Sancad após dimensionamento possibilitaram a determinação das extensões de rede coletora por diâmetros utilizados e a quantidade de acessórios necessários. Para obter valores construtivos, como volume escavado, escoramento, dentre outros, foi utilizada uma planilha

desenvolvida em *software* Excel. No APÊNDICE J é possível ver os cálculos para os trechos 186-1, 186-2 e 186-3 da rede. Ressalta-se que todo o procedimento de cálculo, bem como valores adotados, foi feito segundo orientações do Manual de Obras da Sanepar e da própria empresa.

Para a estimativa de custos foi utilizado o *software* Maxor (utilizado pela Sanepar). No programa é apresentado um banco de dados com valores para execução de serviços e para materiais. Esse banco de dados é chamado de Mos e os serviços e materiais nele discriminados estão de acordo com o Manual de Obras da Sanepar. Para custos unitários, utilizou-se a tabela de julho de 2012.

Na Figura 22 e Figura 23 são mostrados itens do banco de dados, desde movimento de terra para execução da rede, até reconstituição do pavimento após colocação da tubulação.

Em ambos os orçamentos foram utilizados itens de serviços técnicos (cadastro de obra e sinalizações), movimento de terra, escoramento, esgotamento, assentamentos, pavimentação e serviços diversos (limpeza da obra).



Ser	Ud	Descrição	Qtde	M. de Obra	Materiais	P. Unit
01	m2	Escritório				
04	m2	Barração fechado para materiais	48,930	17,300	57,40	202,9
05	m2	Barração aberto	45,903	74,300	15,21	10,9
06	m2	Sanitário isolado	1,500	257,19	142,43	394,6
07	m2	Chuveiro isolado	1,500	220,20	112,19	332,6
01	ud	Entrada provisória de energia trifásica 70A	1,300	322,35	1,036,07	300,4
01	ud	Entrada provisória de água	1,000	0,00	20,40	20,4
01	m	Cerca provisória de arame farpado	50,000	25,35	1,65	27,0
01	m2	Em chapa preta	10,000	1,20	192,42	230,6
41	m2	Locação da obra com auxílio de equipamento topográfico	35,300	2,11	0,00	2,1
05	ud	Cadastro de obra localizada "as built"	23,300	2,57	0,00	2,6
01	m2	Acesso provisório	3,053,000	2,77	0,00	2,7
01	m2	Roçada fina	15,650	1,00	0,00	1,0
02	m2	Roçada densa	28,920	1,62	0,00	1,6
01	ud	Placa de advertência 1,00 x 1,00 m	1,000	33,28	25,07	68,3
09	m3	Em terra compacta, prof. 0 m < h <= 1 m	2,500	27,25	0,00	27,2
02	m3	Profundidade 0 m < h <= 4 m	6,200	5,17	0,00	9,1
01	m3	Profundidade 0 m < h <= 1 m	10,650	25,73	0,00	25,7
02	m3	Profundidade 0 m < h <= 4 m	35,300	6,75	0,00	6,7
01	m3	Manual	9,940	6,10	0,00	6,1
02	m3	Mecânico	20,920	1,14	0,00	1,1
01	m3	Manual	1,200	16,04	0,00	16,0
02	m3	Mecânica	5,200	2,59	0,00	2,6
02	m3	Com controle do GC - 95% PN	22,270	4,75	0,00	4,7
01	m3	Qualquer tipo de solo exceto rocha	11,150	1,80	0,00	1,8
01	m3xkm	Qualquer tipo de solo, exceto rocha, em rodovia ou rua	44,153	0,78	0,00	0,7
01	m2	Fontalete	2,400	38,16	1,14	39,5
03	m2	Contínuo	12,810	32,85	1,86	34,7
01	h	Moto bomba	3,260	6,74	0,00	6,7
03	m2	Ensecadeira metálica com parede simples	44,750	60,94	7,81	68,7
01	m2	Chapa resinada e= 12 mm	19,170	30,13	5,13	35,2
06	m2	Plana em chapa resinada e= 12 mm	210,530	30,13	29,77	30,1
02	m3	Metálico	15,150	19,62	0,00	19,6
01	kg	Em aço CA-50	2,755,000	3,29	4,04	7,0
02	kg	Em aço CA-60	276,200	3,29	4,54	7,0
20	m3	(60 - 40) MPa - classe B	10,000	10,00	10,00	10,0

Figura 22 – Exemplo de Quantitativo - Maxor 6.2.

Ser	Ud	Serviços	M. Obra	Materiais	Preço
01	m2	Escritório	196,45	74,81	271,26
02	m2	Alojamento	149,70	56,99	206,69
03	m2	Refeitório	180,87	70,08	250,95
04	m2	Barracão fechado para materiais	105,76	47,27	153,03
05	m2	Barracão aberto	56,29	12,28	68,57
06	m2	Sanitário isolado	194,84	107,90	302,74
07	m2	Chuveiro isolado	166,94	84,99	251,93
08	dxm ³	Sanitário químico			

Figura 23 – Banco de Dados Mos - Maxor 6.2.

4.6.1 Rede Convencional

Foram considerados apenas valores que variam entre os dois sistemas, excluindo as instalações de canteiro de obras, por se tratar da mesma área de estudo.

Além disso, no sistema convencional foi considerado o valor de desapropriação das áreas com passagem de tubulação em fundo de lotes. Ressalta-se que foram desapropriadas apenas áreas legais, ou seja, aquelas que não correspondem a lotes de invasão.

Outro item da estimativa de custos desse sistema diz respeito às ligações prediais, que correspondem às tubulações e conexões que chegam a cada lote para que o morador possa fazer a ligação adequadamente.

Para o cálculo do valor da área a ser desapropriada, utilizou-se o valor de mercado do terreno na região e um fator de servidão estimado com base em fatores de desvalorização de Philippe Westin (ECOSOL, 2012).

4.6.2 Rede Condominial

Semelhante ao método utilizado no sistema convencional para determinar o quantitativo de serviços e materiais, também foi utilizada uma planilha em *software* Excel para quantificar os itens do orçamento da rede condominial.

Não foram consideradas desapropriações, pois no sistema condominial é permitida a passagem de tubulação internamente aos lotes, desde que na forma de ramais condominiais, sem que haja desapropriação da área.

As ligações prediais também foram excluídas do orçamento, pois há caixas de inspeção para cada ligação sem a necessidade de estender a tubulação até os lotes, como é feito no sistema convencional.

5 RESULTADOS E DISCUSSÕES

5.1 ESTUDO POPULACIONAL

Conforme mencionado, o estudo populacional foi feito com base no zoneamento, no número de economias da área de estudo, na taxa de ocupação e na área de expansão.

5.1.1 Zoneamento

Conforme a lei de zoneamento da Prefeitura Municipal de Curitiba, para a área de estudo há as seguintes zonas de ocupação:

- Z-CON (Zona de Contenção): com densidade de saturação de duas habitações/ha.
- SEHIS (Setor Especial de Habitação de Interesse Social): com densidade de saturação de 80 habitações/ha.
- Z-S1 (Zona de Serviço 1): lote mínimo permitido de 450 m² e 20% da área remanescente é destinada ao arruamento, com isso a densidade de saturação é 18 habitações/ha.

As zonas estão representadas na Figura 24.

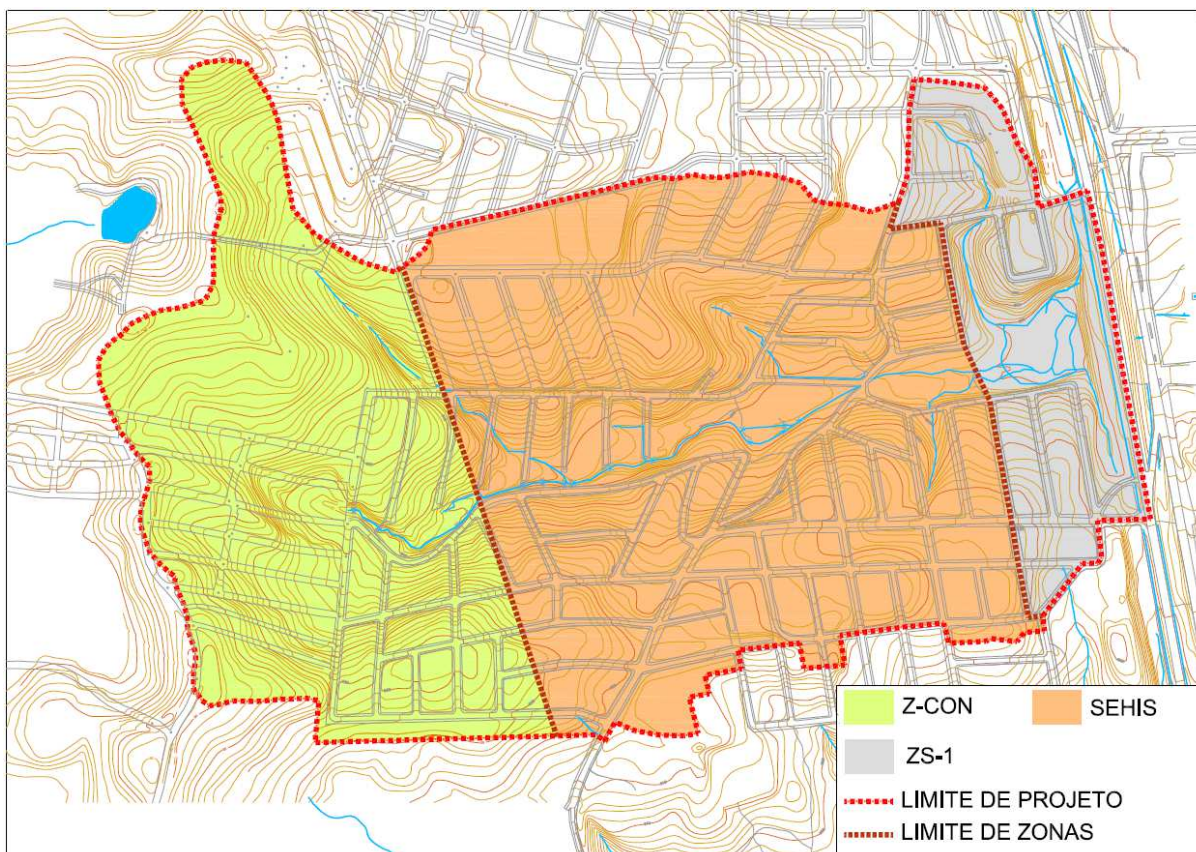


Figura 24 – Zoneamento da área de estudo.

5.1.2 Número de Economias

O banco de dados fornecidos pela Sanepar (2007) apresenta número de economias dividido entre as três zonas descritas acima, resultando em:

- Z-CON: 901 economias.
- SEHIS: 1370 economias.
- Z-S1: 222 economias.

Somando os números das zonas de ocupação, obtém-se 2.493 economias para a área de estudo. Considerando que 100% da população dentro da área é atendida por abastecimento de água, é possível utilizar esse dado para o cálculo da população.

5.1.3 Taxa de Ocupação

A taxa de ocupação do censo do IBGE de 2010 aponta para 3,25 habitantes por domicílio para o bairro CIC.

Estudos do IPPUC (Instituto de Pesquisa e Planejamento Urbano de Curitiba) mostram a evolução de ocupação do bairro, sendo que em 2010 a taxa habitante por domicílio foi de 3,02, conforme Tabela 6.

Tabela 6 – Evolução da ocupação no bairro CIC.

Ano	População (hab)	Domicílios (unid.)	Taxa (hab/dom)
1980	45.904	9.696	4,73
1991	116.001	28.714	4,04
2000	157.391	43.890	3,59
2010	172.822	57.156	3,02

Fonte: IBGE (2013).

Além disso, dados do mesmo instituto situam a densidade do bairro CIC na faixa de 3,02 a 3,71 hab/dom, para 2010. Por isso, será adotada para 3,25 hab/dom em conformidade com o IBGE e com o IPPUC.

5.1.4 Área de Expansão

Analisando a Figura 24, verifica-se que as áreas pertencentes às zonas SEHIS e Z-S1 encontram-se saturadas. Por isso, para a população futura será considerada apenas a área de expansão da zona Z-CON.

Embora o zoneamento ainda permita saturação, após visita ao local, constatou-se que o mesmo possui ocupação consolidada e, por isso, não será feito adensamento. Dessa forma, será considerada apenas a área remanescente, passível de ocupação, conforme a Figura 25.

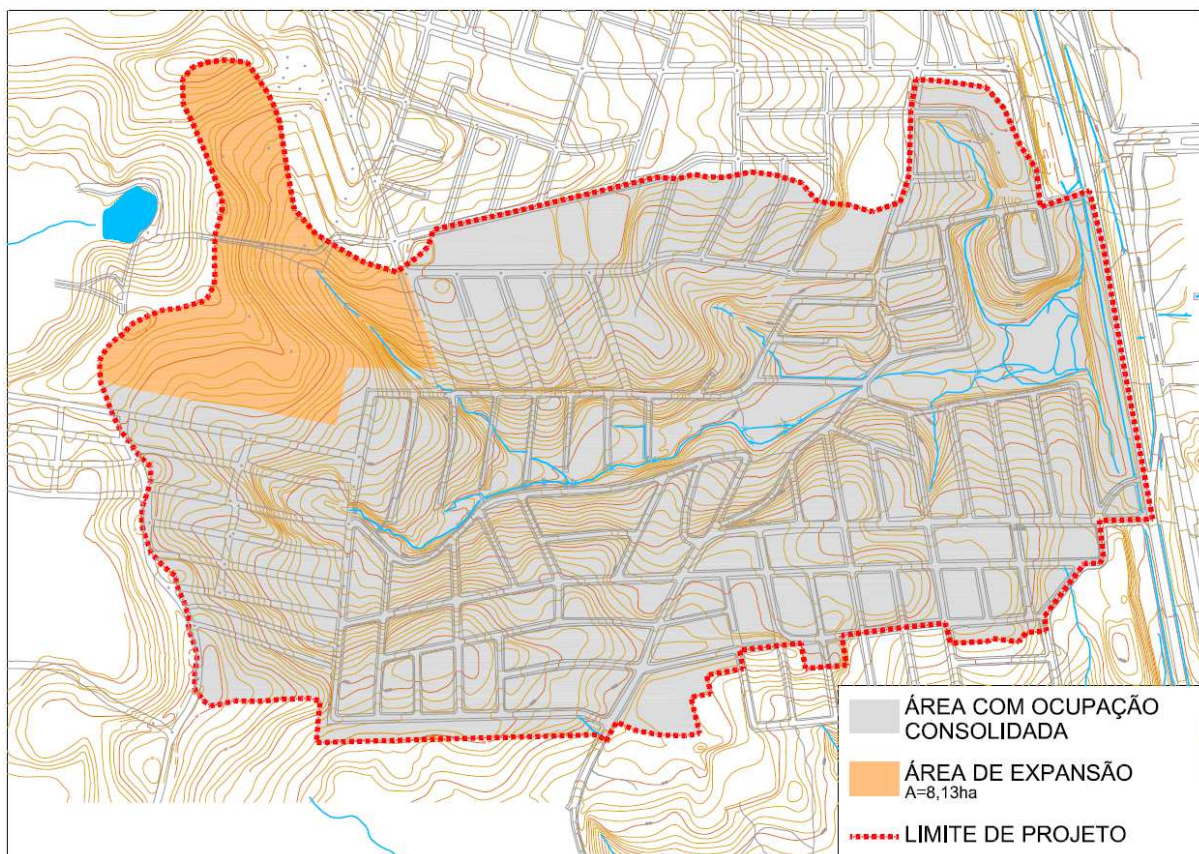


Figura 25 – Área de expansão da área de estudo.

Utilizando a densidade máxima de duas economias/ha prevista na lei de zoneamento e estimando a área em 8,13 ha, obtêm-se 16 economias a serem somadas nas economias atuais.

Para o cálculo da vazão concentrada originária da área de expansão, conforme mencionado, fez-se uso da Equação (1) detalhada anteriormente. Nessa equação os valores adotados para cada variável foram os seguintes:

- $q = 125^1$ L/hab.dia;
- $p = 3,25$ hab/dom;
- $C = 80\%$;
- $K_1 = 1,2$;

¹ O valor adotado para consumo *per capita* de água (125 L/hab.dia) é o mesmo adotado pela Sanepar nos projetos de rede coletora de esgoto e está situado entre o consumo de residências (padrão baixo e padrão médio) do "Manual de projetos hidrossanitários" (SANEPAR, 2010)

- $K_2 = 1,5$.

A vazão de referência Q_r encontrada para um lote foi 0,00677 L/s, ou 584,93 L/d. Para 16 lotes, a vazão concentrada calculada foi 0,11 L/s, ou 9504 L/d.

A população inicial utilizada na área de estudo foi 8.103 habitantes, obtida do produto do número de economias totais (2.493) pela taxa de ocupação adotada (3,25 hab/dom).

Para final de projeto foi adotada a população de 8.155 habitantes, obtida do produto do número de economias futuras totais (2.493 + 16) pela taxa de ocupação adotada (3,25 hab/dom).

5.2 PLANO DE ESCOAMENTO

5.2.1 Rede Convencional

Foi utilizada rede dupla quase que em toda a rede. Apenas em duas ruas foi utilizada rede simples, no eixo da via, pela largura reduzida da mesma.

O *lay-out* da rede convencional para a área de estudo pode ser visto na Figura 26 e também na Prancha 01 no APÊNDICE C. A extensão total de rede coletora projetada foi de 22.736,43 m em tubulação de PVC. Foi projetado também um coletor, com extensão total de 976,05 m, em PVC.

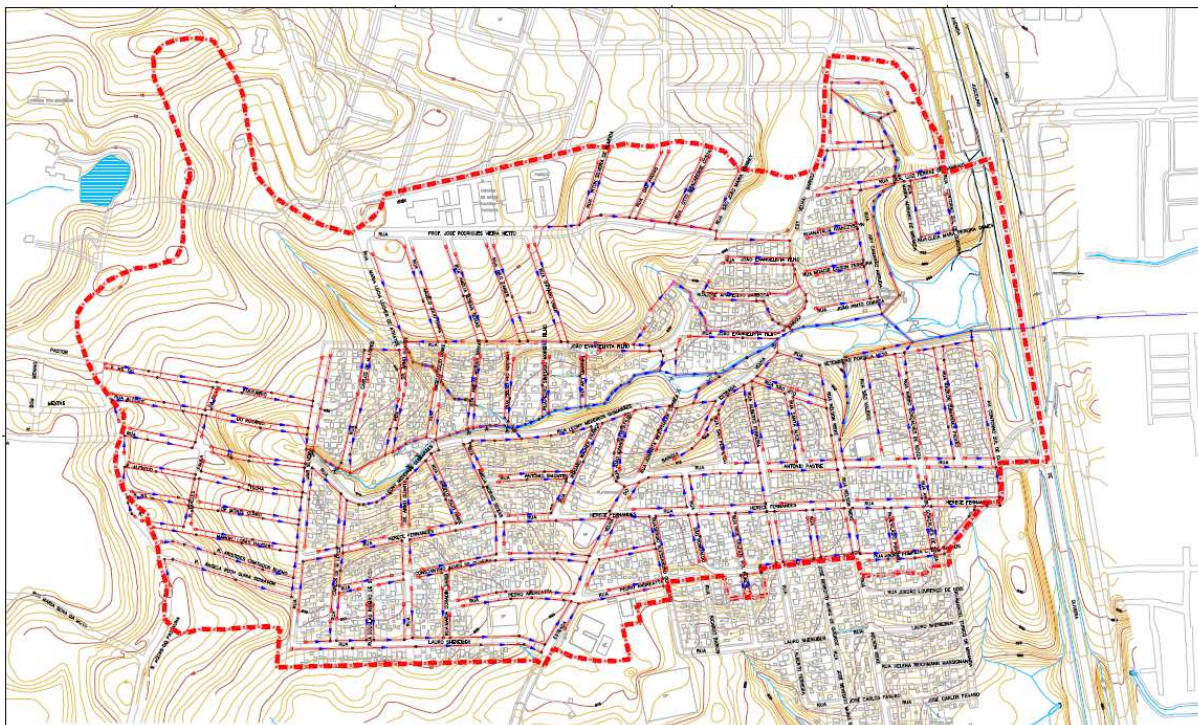


Figura 26 – Lay-out do sistema convencional.

5.2.2 Rede Condominial

Conforme a Figura 27 e a Prancha 05 no APÊNDICE D, o total de rede básica projetada foi de 6.115,71 m.

O ramal condominial foi dividido em: externo (passeio ou via), fundo de lote e frente de lote. As extensões projetadas foram, respectivamente: 12.125,47 m (sendo 152,78 m sob vias e 11.972,69 m sob passeio), 2.725,87 m e 1.153,09 m. O total de rede coletora projetada, somando-se rede básica e ramais condominial, foi 22.120,14 metros. O coletor manteve-se igual ao projetado no sistema convencional.

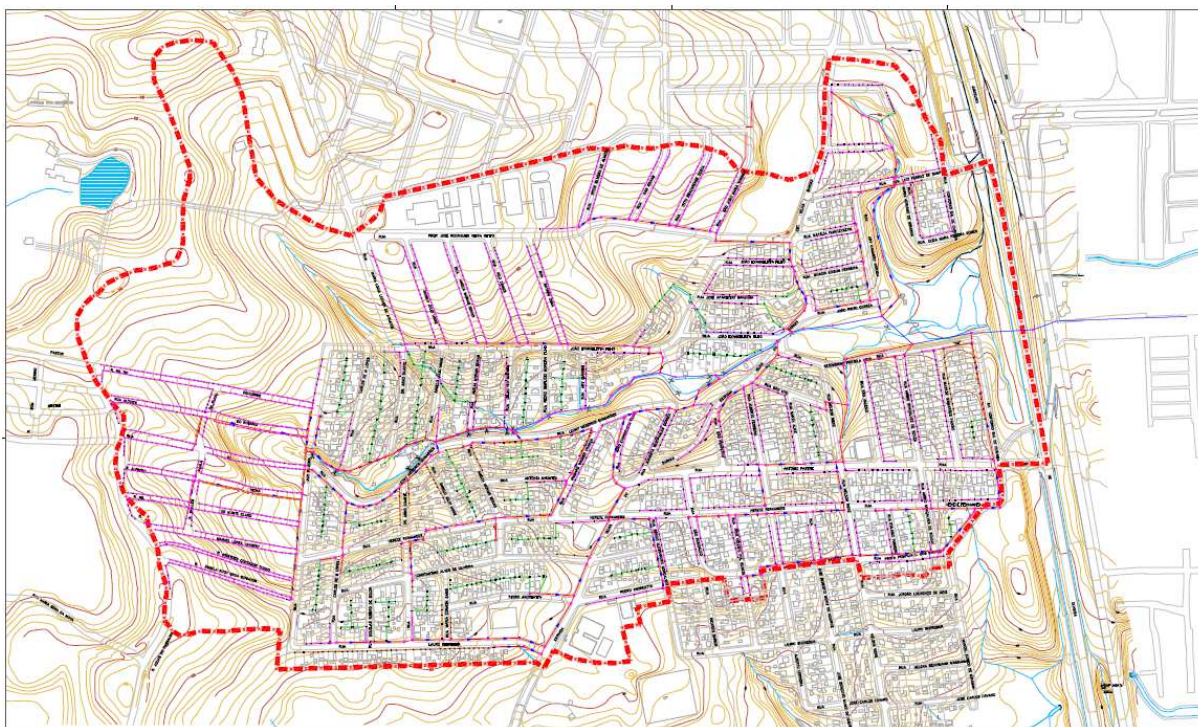


Figura 27 – Lay-out do sistema condominial.

5.3 TAXAS DE CONTRIBUIÇÃO LINEAR

Para o cálculo das vazões de cada trecho do sistema convencional, o *software* Sancad utiliza uma taxa de contribuição linear inicial e final. Conforme explicado, essas taxas são calculadas a partir da relação entre as vazões de contribuição inicial e final e a extensão total de rede coletora projetada.

As taxas inicial e final dadas pelo *software* foram, respectivamente: 0,0013 L/s.m e 0,00157 L/s.m.

Utilizando as Equações (2), (4), chega-se à contribuição inicial de 14,07 L/s. Da mesma forma, com as equações (3) e (5), calcula-se a contribuição final, resultando em 16,99 L/s. Levando em consideração o total de rede projetada no sistema convencional e sabendo que esse valor refere-se à contribuição unilateral, em sua maioria, chegam-se às taxas de contribuição inicial e final de aproximadamente 0,0013 L/s.m e 0,00157 L/s.m.

Para o sistema condominial, as vazões da rede básica foram calculadas a partir das vazões concentradas.

5.4 DIMENSIONAMENTO DA REDE COLETORA

5.4.1 Rede Convencional

A planilha de dimensionamento se encontra no APÊNDICE E. O comprimento total e as cotas do terreno e da tubulação, representadas por CT e CC na planilha, foram determinadas a partir do caminhamento da rede. O diâmetro foi calculado a partir da Equação (9) explicada anteriormente. No entanto, os valores encontrados ficaram abaixo do mínimo recomendado pela Sanepar. Dessa forma, adotou-se 150 mm para todos os trechos.

Para o trecho 187-1, DTI-512 à montante e PV-513 à jusante, têm-se:

- Prof Mont e Prof Jus = 1,0 m (recobrimento) + 0,15 m (diâmetro) = 1,15 m.
- DECL = $(903,45 \text{ m (CCM)} - 899,65 \text{ m (CCJ)}) / 43,89 \text{ m (COMP)} = 0,08658 \text{ m/m}$.
- Q Conc. Inic. e Q Conc. Final. = 0 (não há vazões concentradas nesse trecho).
- Q. Real Inic. = $0,0013 \text{ L/s.m (Taxa de contribuição linear inicial dada pelo Sancad)} \times 43,89 \text{ m (COMP)} / 2 \text{ (por ser contribuição unilateral)} + 0,0001 \text{ L/s.m (coeficiente de infiltração)} \times 43,89 \text{ m (COMP)} = 0,0329 \text{ L/s}$.
- Q. Real Final = $0,00157 \text{ L/s.m (Taxa de contribuição linear final dada pelo Sancad)} \times 43,89 \text{ m (COMP)} / 2 \text{ (por ser contribuição unilateral)} + 0,0001 \text{ L/s.m (coeficiente de infiltração)} \times 43,89 \text{ m (COMP)} = 0,0388 \text{ L/s}$.
- Lâm. Ini e Lâm. Fim = $0,0388 \text{ L/s (Q Real Final)} / \sqrt{0,08658 \text{ m/m (DECL)}} = 0,13 \%$.
- Vel Inc. e Vel Final = $4,0765 \text{ (valor de "V/lo(1/2)" do ANEXO B, para lâmina igual a 0,13)} \times \sqrt{0,08658 \text{ m/m}} = 1,17 \text{ m/s}$.
- Vel Crit = $\{[0,08133 \text{ (valor de "Rh/D" do ANEXO A, para lâmina igual a 0,13)} \times 0,15 \text{ (diâmetro em metro)} \times 9,81 \text{ m}^2/\text{s (aceleração da gravidade)}] \times 0,5\} \times 0,6 = 2,04 \text{ m/s}$.

• $Trativa = 0,08133$ (valor de “Rh/D” do ANEXO A, para lâmina igual a $0,13$) x 150 mm (Diam) x 10 (para tensão em Pa) x $0,08658$ (DECL) = $10,206$ Pa.

Com relação às profundidades, analisando a planilha de cálculo no APÊNDICE E, observa-se que a máxima profundidade atingida foi $2,3$ m no trecho 62-4 com extensão de $8,3$ m. Dessa forma, cumpriram-se os limites recomendados na literatura, mesmo com o uso do recobrimento maior de um metro sugerido pela Sanepar.

Ao se analisar os dados da planilha, constata-se que, em todos os trechos, foram obedecidos os valores mínimos de tensão trativa e as velocidades de escoamento (final de plano) foram sempre inferiores à velocidade crítica.

A partir do *lay-out* e do dimensionamento foi possível elaborar a planta construtiva da rede, com informações de diâmetro, declividade e extensão por trecho, conforme Pranchas 02, 03 e 04 no APÊNDICE F.

Vale destacar que foram utilizados dispositivos terminais de limpeza (DTI's) nos inícios de trechos e PV's nos demais locais. Poderiam ser utilizados outros órgãos acessórios em substituição a alguns poços de visita. No entanto, a Sanepar não utiliza outros dispositivos além dos PV's e dos DTI's. Mesmo que não tenha havido essa substituição, tal fato não compromete a comparação quantitativa dos dois sistemas, visto que os poços foram mantidos em ambos.

Foi considerada como vazão concentrada apenas a originária da área de expansão com futura ligação no PV-166.

5.4.2 Rede Condominial

As vazões concentradas dos ramais condominiais, calculadas a partir da equação (1), podem ser conferidas na planilha do APÊNDICE G. O somatório de vazões que resultou em vazões concentradas nos poços de visita foi inferior ao limite mínimo da norma, de $1,5$ L/s. A maior vazão concentrada em um PV foi de $0,77$ L/s resultante de 114 lotes com ligação no PV-23.

A planilha de cálculo da rede básica se encontra no APÊNDICE H. Os recobrimentos mínimos adotados para passeio e asfalto foi um metro. Semelhante

ao dimensionamento da rede convencional, a maior profundidade verificada foi 2,296 m, no trecho 22-4 com 11,29 m de extensão.

Para manter as mesmas proporções dos recobrimentos recomendados pela Sanepar para a rede convencional e por considerar baixos os valores sugeridos pela literatura, principalmente para ramais internos aos lotes (0,3 m), aumentou-se, também, os recobrimentos dos ramais condominiais, resultando em 0,55 m e 0,75 m para ramais internos e externos, respectivamente. Dessa forma, os trechos em passeio e asfalto ficaram com profundidade média de 0,85 m e os trechos em fundo de lote e frente de lote, com 0,65 m, respeitando o intervalo sugerido na literatura.

A planta construtiva da rede básica pode ser vista nas Pranchas 06, 07 e 08 no APÊNDICE I.

5.5 QUANTITATIVO E ESTIMATIVA DE CUSTOS

5.5.1 Rede Convencional

A planilha com todos os itens do orçamento da rede convencional se encontra no APÊNDICE L. Foram considerados apenas valores que variam entre os dois sistemas, excluindo as instalações de canteiro de obras, por se tratar da mesma área de estudo.

Com relação à desapropriação, a extensão total desapropriada corresponde às parcelas internas aos lotes dos trechos marcados na Prancha 01 (APÊNDICE C). São eles: 48-5, 48-6, 48-7, 48-8, 48-9, 48-11, 48-12, 48-13, 48-13, 48-14, 124-6 e 124-7. A soma dessas parcelas internas resultou em 132,89 m. Considerando um metro para cada lado da rede, a área total desapropriada foi 265,78 m².

O valor de mercado adotado foi R\$ 420,00/m², estimado com base em anúncios de imóveis (terrenos) de dimensões semelhantes aos quais tiveram rede no interior do lote.

Para o fator de servidão, os valores dados para cada quesito foram:

- Proibição de construção (0,30): 0,30
- Proibição de culturas (0,33): 0,00

- Perigos decorrentes (0,10): 0,00
- Limitação de culturas (0,10): 0,00
- Fiscalização e reparos (0,05): 0,05
- Seccionamento do lote (0,10 a 0,20): 0,10
- Desvalorização remanescente (0,10): 0,10

Com isso, o fator de servidão foi de 0,55.

Aplicando esse fator no valor de mercado encontrado, considerando a área total desapropriada, chegou-se ao valor mostrado no orçamento do APÊNDICE L: R\$ 61.395,18. Com isso, o valor total estimado para a execução da rede convencional foi de R\$ 2.738.334,78.

5.5.2 Rede Condominial

O orçamento total da rede pode ser vista no APÊNDICE M. Foram separados os itens referentes à rede básica e aos ramais condominiais.

Conforme explicado, foram excluídas as desapropriações e as ligações prediais dos custos para a execução da rede condominial.

Para o sistema condominial, o custo total foi de R\$ 2.385.481,52.

5.6 COMPARAÇÃO ENTRE OS SISTEMAS

As diferenças técnicas entre os dois sistemas explicam a redução de custos observada no sistema condominial. Nesse sistema, por exemplo, todo o ramal condominial teve diâmetro igual a 100 mm.

Outras diferenças, como a questão da desapropriação e das ligações prediais também contribuíram para diminuição no custo total da rede condominial.

5.6.1 Quantitativos

Na Tabela 7 são apresentadas quantidades de materiais utilizadas nas redes coletoras projetadas, descontando os coletores, para os sistemas convencional e condominial.

Tabela 7 – Comparação entre os sistemas - Quantidades.

	CONVENCIONAL	CONDOMINIAL
Extensão de tubulação Ø 100 mm (m)	-	16.004,43
Extensão de tubulação Ø 150 mm (m)	22.736,43	6.115,71
Quantidade de Poços de Visita (ud)	435	271
Quantidade de Caixas de Inspeção (ud)	-	2.260
Quantidade de Terminais de Limpeza (ud)	180	-

A extensão total de rede projetada no sistema condominial resultou em aproximadamente 0,6 km a menos que a total projetada no sistema convencional. Esse dado por si só já representaria um custo menor na execução da obra.

A diminuição no número de PV's do sistema convencional para o condominial foi de 37,7%. Outro dado que esclarece a diminuição no custo total da obra, quando se analisam as vantagens dessa diminuição, como será explicado adiante.

5.6.2 Custos

Na Tabela 8 é apresentado um resumo dos custos dos dois sistemas.

Tabela 8 – Comparação entre os sistemas - Custos.

Sistema Convencional		
Item	R\$	%
Rede Coletora - Materiais	791.491,94	28,90%
Rede Coletora - Serviços	1.482.019,96	54,12%
Ligações Prediais - Materiais	188.452,71	6,88%
Ligações Prediais - Serviços	276.370,17	10,09%
Total	2.738.334,78	100,00%

Sistema Condominial		
Item	R\$	%
Rede Coletora - Rede Básica - Materiais	253.266,60	10,62%
Rede Coletora - Rede Básica - Serviços	490.847,48	20,58%
Rede Coletora - Rede Condominial - Materiais	211.898,65	8,88%
Rede Coletora - Rede Condominial - Serviços	1.429.468,79	59,92%
Total	2.385.481,52	100,00%

Segundo a Tabela 8, o sistema condominial ficou aproximadamente R\$ 353 mil reais mais barato que o sistema convencional.

Conforme preço unitário dos orçamentos, a tubulação em PVC para esgoto com diâmetro de 100 mm tem custo aproximadamente 47% menor que a mesma tubulação em diâmetro de 150 mm.

Embora a extensão total de rede do sistema condominial seja apenas 2,7% menor que a do sistema convencional, 72% da tubulação corresponde ao ramal condominial, projetado em PVC 100 mm. Com isso, considerando apenas o preço do material, sem o assentamento, os custos do sistema condominial ficaram 40% menor que o do convencional.

Em relação aos órgãos acessórios, o custo total de um poço de visita, por exemplo, considerando o assentamento e o tampão, é de R\$ 1.046,92, conforme orçamentos no APÊNDICE L e APÊNDICE M

A caixa de inspeção possui valor unitário de R\$ 341,95.

Com as quantidades de PV's e CI's informadas na Tabela 7, obtêm-se os custos de R\$ 455.410,20 e R\$ 1.056.522,32 para os sistemas convencional e condominial, respectivamente, considerando apenas aquisição e assentamento desses itens.

Mesmo com o aumento de quase 57%, deve-se considerar que as caixas de inspeção dispensam custos de ligações prediais, que somaram R\$ 464.822,88 no orçamento do sistema convencional. Acrescendo esse valor ao valor dos poços de visita mencionado acima, resulta-se em R\$ 920.233,08, apenas 13% menor que o custo total das caixas de inspeção.

Devido aos maiores limites de recobrimentos utilizados no sistema convencional, a profundidade média da tubulação nesse sistema foi de 1,173 m,

enquanto que no condominial a mesma foi de 0,913 m. O último valor, quase 23% menor que o primeiro, justifica o menor custo do movimento de terra para o sistema condominial, sendo de R\$ 259.981,23, aproximadamente 25% menor que no outro sistema.

Por se tratar da mesma área, os custos com pavimentação ficaram próximos, sendo que no sistema condominial eles ficaram 15% menores do que no sistema convencional.

A menor extensão de tubulação do sistema condominial aliada ao fato de terem sido usados maiores trechos sob terreno natural, uma vez que o ramal condominial possibilita passagem de rede no interior dos lotes, justificam essa redução.

6 CONCLUSÕES

Analisando separadamente as quantidades e custos de tubulações, dispositivos e serviços como movimento de terra, assentamentos, pavimentação e outros, comprova-se o menor custo para a execução de uma rede coletora de esgotos utilizando o sistema condominial.

Embora haja um número significativamente maior de caixas de inspeção quando comparado ao número total de poços de visita de um sistema convencional, esse dado em conjunto com outras variáveis decorrentes da substituição de PV's por CI's não encarecem de forma significativa a execução da obra.

Ressalta-se que mesmo que o sistema condominial apresente vantagem econômica, os ramais condominiais só poderão ser executados após realização de uma reunião de condomínio a fim de comunicar aos moradores da passagem de tubulação pelos seus lotes. Tal reunião poderá mudar o traçado da rede quando se observarem obstáculos intransponíveis no interior dos lotes. A participação da população pode ser um empecilho, conforme mencionado ao longo desse trabalho, já que há questões culturais envolvidas nesse contexto.

Além disso, por se tratar de um sistema recente na história do saneamento e, conseqüentemente, pela falta de critérios e normas, a vantagem econômica antes comentada pode deixar de motivar a execução de uma rede coletora de esgoto utilizando o sistema condominial.

Essa falta de critérios fez com que, em determinados momentos, fossem adotados valores levando em consideração aspectos construtivos da rede, como o valor do recobrimento mínimo em ramais condominiais recomendado pela literatura.

Por fim, recomenda-se que sejam feitas mais pesquisas a respeito do sistema, incluindo custos de manutenção dos ramais condominiais de sistemas já executados, como no Distrito Federal e Salvador. Tais informações, em conjunto com outras apresentadas nesse trabalho, podem influenciar na escolha do sistema de esgotamento a ser utilizado em alguma área sem coleta.

REFERÊNCIAS

ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas. NBR 9.648 – Estudo de concepção de sistemas de esgoto sanitário. Rio de Janeiro: ABNT, 1986, 1p.

ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas. NBR 9.649 – Projetos de redes coletoras de esgotos sanitários. Rio de Janeiro: ABNT, 1986, 10p.

AZEVEDO NETTO, José Martiniano de. Cronologia dos serviços de esgotos, com especial menção ao Brasil. Edição: 33. São Paulo: SABESP, 1959.

AZEVEDO NETTO, José Martiniano de. Manual de Hidráulica. 8ª Edição Atualizada. São Paulo: Blucher, 2002.

BRASIL. Lei no 5.452, de 5 de janeiro de 2007. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2007-2010/2007/lei/l11445.htm> Acesso em: 02 jan. 2013.

CAESB – Companhia de Água e Esgotos de Brasília. Sistema condominial de esgotos e universalização dos serviços de saneamento no Distrito Federal. Brasília, 1997.

DACAH, Nelson Gandur. Sistemas Urbanos de Esgoto. Rio de Janeiro: Guanabara Dois, 1984.

ECOSOL. Laudo de avaliação simplificado de terreno urbano. Ibaity, 2012.

ECOSOL. Base Cartográfica do Bairro CIC, 2007. Curitiba, 2013.

FRANÇA. Disponível em: <<http://www.paris.fr/loisirs/musees-expos/musee-des-egouts/p9691>>. Acesso em: 05 fev. 2013.

FUNDAÇÃO NACIONAL DE SAÚDE (FUNASA). Departamento de Saneamento. Manual de Saneamento. 3ª edição, Brasília: 2006.

GOOGLE. Software Google Earth, 2012.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. Diretoria de Pesquisa. Departamento de população e indicadores sociais. Pesquisa Nacional de Saneamento Básico, 2012.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. Sistema IBGE de Recuperação Automática. Tabela nº 3451, 2010.

JORDÃO, Eduardo Pacheco; PESSÔA, Constantino Arruda. Tratamento de Esgotos Domésticos. Rio de Janeiro: ABTE, 2011.

LOBO, Luiz. Saneamento Básico: Em busca da universalização. Brasília: CEF, 2003.

MAXOR 6.2. Software para quantitativo e orçamento. SANEPAR, 2004. CHAVE USB.

MELO, J. C. Rodrigues de. Sistema Condominial: uma resposta ao desafio da universalização do saneamento. Brasília: CEF, 2008.

MOS – Manual de Obras da Sanepar. 4ª edição, Curitiba: Sanepar, 2012.

NUVOLARI, Arioaldo (coordenador). Esgoto Sanitário: coleta, transporte, tratamento e reuso agrícola. 1ª edição, São Paulo: Blucher, 2003.

PEREIRA, José Almir Rodrigues. Rede coletora de esgoto sanitário: projeto, construção e operação/ José Almir Rodrigues Pereira e Jaqueline Maria Soares. Belém: NUMA. UFPA, EDUFPA, GPHS/CT, 2010.

REZENDE, C. R; HELLER, L. O Saneamento no Brasil: Políticas e Interfaces. 1ª edição, Belo Horizonte: UFMG, 2002.

SANCAD 95. Sistema Gráfico para Projetos de Rede Coletoras de Esgotos Sanitários. SANEGRAPH, 2010. CHAVE USB.

SANEPAR. Manual de Projetos Hidrossanitários. Curitiba, 2010.

SANEPAR. Manual de Obras da Sanepar. 4ª edição, Curitiba, 2012.

SISTEMA NACIONAL DE INFORMAÇÕES SOBRE SANEAMENTO. Ministério das Cidades. Diagnósticos dos Serviços de Água e Esgoto. Brasília: 2009.

SISTEMA NACIONAL DE INFORMAÇÕES SOBRE SANEAMENTO. Ministério das Cidades. Diagnósticos dos Serviços de Água e Esgoto. Brasília: 2010.

SOBRINHO E TSUTIYA. Coleta e Transporte de Esgoto Sanitário. São Paulo: Winner Graph. São Paulo, 2011.

SPERLING, Marco V. Introdução à qualidade das águas e ao tratamento de esgotos. 2ª edição. Belo Horizonte: UFMG, 1996.

ANEXO A – Valores de R_h/D e outros para relações Y/D

Valores adimensionais para relações Y/D com $n = 0,013$									
Y/D	A_m/D^2	R_h/D	V/V_p	Q/Q_p	Y/D	A_m/D^2	R_h/D	V/V_p	Q/Q_p
0,01	0,0013	0,0066	0,0890	0,00015	0,51	0,4027	0,2531	1,0084	0,51702
0,02	0,0037	0,0132	0,1408	0,00067	0,52	0,4127	0,2562	1,0165	0,53411
0,03	0,0069	0,0197	0,1839	0,00161	0,53	0,4227	0,2592	1,0243	0,55127
0,04	0,0105	0,0262	0,2221	0,00298	0,54	0,4327	0,2621	1,0319	0,56847
0,05	0,0147	0,0326	0,2569	0,00480	0,55	0,4426	0,2649	1,0393	0,58571
0,06	0,0192	0,0389	0,2892	0,00708	0,56	0,4526	0,2676	1,0464	0,60296
0,07	0,0242	0,0451	0,3194	0,00983	0,57	0,4625	0,2703	1,0533	0,62022
0,08	0,0294	0,0513	0,3480	0,01304	0,58	0,4724	0,2728	1,0599	0,63746
0,09	0,0350	0,0575	0,3752	0,01673	0,59	0,4822	0,2753	1,0663	0,65467
0,10	0,0409	0,0635	0,4012	0,02088	0,60	0,4920	0,2776	1,0724	0,67184
0,11	0,0470	0,0695	0,4260	0,02550	0,61	0,5018	0,2799	1,0783	0,68895
0,12	0,0534	0,0755	0,4500	0,03059	0,62	0,5115	0,2821	1,0839	0,70597
0,13	0,0600	0,0813	0,4730	0,03614	0,63	0,5212	0,2842	1,0893	0,72290
0,14	0,0668	0,0871	0,4953	0,04214	0,64	0,5308	0,2862	1,0944	0,73972
0,15	0,0739	0,0929	0,5168	0,04861	0,65	0,5404	0,2881	1,0993	0,75641
0,16	0,0811	0,0986	0,5376	0,05552	0,66	0,5499	0,2900	1,1039	0,77295
0,17	0,0885	0,1042	0,5578	0,06288	0,67	0,5594	0,2917	1,1083	0,78932
0,18	0,0961	0,1097	0,5775	0,07068	0,68	0,5687	0,2933	1,1124	0,80550
0,19	0,1039	0,1152	0,5965	0,07891	0,69	0,5780	0,2948	1,1162	0,82148
0,20	0,1118	0,1206	0,6151	0,08757	0,70	0,5872	0,2962	1,1198	0,83724
0,21	0,1199	0,1259	0,6331	0,09665	0,71	0,5964	0,2975	1,1231	0,85275
0,22	0,1281	0,1312	0,6507	0,10613	0,72	0,6054	0,2987	1,1261	0,86799
0,23	0,1365	0,1364	0,6678	0,11602	0,73	0,6143	0,2998	1,1288	0,88294
0,24	0,1449	0,1416	0,6844	0,12631	0,74	0,6231	0,3008	1,1313	0,89757
0,25	0,1535	0,1466	0,7007	0,13698	0,75	0,6319	0,3017	1,1335	0,91188
0,26	0,1623	0,1516	0,7165	0,14803	0,76	0,6405	0,3024	1,1353	0,92582
0,27	0,1711	0,1566	0,7320	0,15945	0,77	0,6489	0,3031	1,1369	0,93938
0,28	0,1800	0,1614	0,7471	0,17123	0,78	0,6573	0,3036	1,1382	0,95252
0,29	0,1890	0,1662	0,7618	0,18336	0,79	0,6655	0,3039	1,1391	0,96523
0,30	0,1982	0,1709	0,7761	0,19583	0,80	0,6736	0,3042	1,1397	0,97747
0,31	0,2074	0,1756	0,7902	0,20863	0,81	0,6815	0,3043	1,1400	0,98920
0,32	0,2167	0,1802	0,8038	0,22175	0,82	0,6893	0,3043	1,1399	1,00041
0,33	0,2260	0,1847	0,8172	0,23519	0,83	0,6969	0,3041	1,1395	1,01104
0,34	0,2355	0,1891	0,8302	0,24892	0,84	0,7043	0,3038	1,1387	1,02106
0,35	0,2450	0,1935	0,8430	0,26294	0,85	0,7115	0,3033	1,1374	1,03044
0,36	0,2546	0,1978	0,8554	0,27724	0,86	0,7186	0,3026	1,1358	1,03912
0,37	0,2642	0,2020	0,8675	0,29180	0,87	0,7254	0,3018	1,1337	1,04706
0,38	0,2739	0,2062	0,8794	0,30663	0,88	0,7320	0,3007	1,1311	1,05420
0,39	0,2836	0,2102	0,8909	0,32169	0,89	0,7384	0,2995	1,1280	1,06047
0,40	0,2934	0,2142	0,9022	0,33699	0,90	0,7445	0,2980	1,1243	1,06580
0,41	0,3032	0,2182	0,9132	0,35250	0,91	0,7504	0,2963	1,1200	1,07010
0,42	0,3130	0,2220	0,9239	0,36823	0,92	0,7560	0,2944	1,1151	1,07328
0,43	0,3229	0,2258	0,9343	0,38415	0,93	0,7612	0,2921	1,1093	1,07519
0,44	0,3328	0,2295	0,9445	0,40026	0,94	0,7662	0,2895	1,1027	1,07568
0,45	0,3428	0,2331	0,9544	0,41653	0,95	0,7707	0,2865	1,0950	1,07451
0,46	0,3527	0,2366	0,9640	0,43296	0,96	0,7749	0,2829	1,0859	1,07137
0,47	0,3627	0,2401	0,9734	0,44954	0,97	0,7785	0,2787	1,0751	1,06575
0,48	0,3727	0,2435	0,9825	0,46625	0,98	0,7816	0,2735	1,0618	1,05669
0,49	0,3827	0,2468	0,9914	0,48307	0,99	0,7841	0,2666	1,0437	1,04196
0,50	0,3927	0,2500	1,0000	0,50000	1,00	0,7854	0,2500	1,0000	1,00000

ANEXO B – Valores de $V/\sqrt{I_0}$ e $Q/\sqrt{I_0}$ para relações Y/D, com D = 0,15

D = 0,15					
Y/D	V/lo(1/2)	Q/lo(1/2)	Y/D	V/lo(1/2)	Q/lo(1/2)
0,01	0,7668	2,294E-05	0,51	8,6902	7,874E-02
0,02	1,2135	1,023E-04	0,52	8,7601	8,134E-02
0,03	1,5850	2,448E-04	0,53	8,8278	8,396E-02
0,04	1,9140	4,538E-04	0,54	8,8934	8,658E-02
0,05	2,2139	7,313E-04	0,55	8,9569	8,920E-02
0,06	2,4920	1,079E-03	0,56	9,0182	9,183E-02
0,07	2,7527	1,497E-03	0,57	9,0774	9,446E-02
0,08	2,9992	1,986E-03	0,58	9,1345	9,708E-02
0,09	3,2334	2,547E-03	0,59	9,1894	9,970E-02
0,1	3,4572	3,180E-03	0,6	9,2422	1,023E-01
0,11	3,6717	3,883E-03	0,61	9,2929	1,049E-01
0,12	3,8778	4,658E-03	0,62	9,3414	1,075E-01
0,13	4,0765	5,503E-03	0,63	9,3877	1,101E-01
0,14	4,2683	6,418E-03	0,64	9,4319	1,127E-01
0,15	4,4537	7,403E-03	0,65	9,4739	1,152E-01
0,16	4,6334	8,456E-03	0,66	9,5137	1,177E-01
0,17	4,8076	9,577E-03	0,67	9,5512	1,202E-01
0,18	4,9766	1,076E-02	0,68	9,5865	1,227E-01
0,19	5,1409	1,202E-02	0,69	9,6196	1,251E-01
0,2	5,3006	1,334E-02	0,7	9,6503	1,275E-01
0,21	5,4561	1,472E-02	0,71	9,6787	1,299E-01
0,22	5,6074	1,616E-02	0,72	9,7048	1,322E-01
0,23	5,7548	1,767E-02	0,73	9,7284	1,345E-01
0,24	5,8984	1,924E-02	0,74	9,7497	1,367E-01
0,25	6,0384	2,086E-02	0,75	9,7684	1,389E-01
0,26	6,1750	2,254E-02	0,76	9,7845	1,410E-01
0,27	6,3082	2,428E-02	0,77	9,7981	1,431E-01
0,28	6,4382	2,608E-02	0,78	9,8090	1,451E-01
0,29	6,5650	2,792E-02	0,79	9,8171	1,470E-01
0,3	6,6888	2,982E-02	0,8	9,8224	1,489E-01
0,31	6,8096	3,177E-02	0,81	9,8247	1,506E-01
0,32	6,9276	3,377E-02	0,82	9,8241	1,524E-01
0,33	7,0427	3,582E-02	0,83	9,8202	1,540E-01
0,34	7,1551	3,791E-02	0,84	9,8131	1,555E-01
0,35	7,2648	4,004E-02	0,85	9,8024	1,569E-01
0,36	7,3719	4,222E-02	0,86	9,7882	1,583E-01
0,37	7,4764	4,444E-02	0,87	9,7700	1,595E-01
0,38	7,5784	4,670E-02	0,88	9,7477	1,605E-01
0,39	7,6779	4,899E-02	0,89	9,7210	1,615E-01
0,4	7,7750	5,132E-02	0,9	9,6894	1,623E-01
0,41	7,8696	5,368E-02	0,91	9,6525	1,630E-01
0,42	7,9619	5,608E-02	0,92	9,6098	1,635E-01
0,43	8,0519	5,850E-02	0,93	9,5603	1,637E-01
0,44	8,1395	6,096E-02	0,94	9,5031	1,638E-01
0,45	8,2248	6,344E-02	0,95	9,4367	1,636E-01
0,46	8,3079	6,594E-02	0,96	9,3588	1,632E-01
0,47	8,3888	6,846E-02	0,97	9,2657	1,623E-01
0,48	8,4674	7,101E-02	0,98	9,1504	1,609E-01
0,49	8,5438	7,357E-02	0,99	8,9949	1,587E-01
0,5	8,6181	7,615E-02	1	8,6181	1,523E-01