

UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO  
ESCOLA DE ENGENHARIA DE SÃO CARLOS  
DEPARTAMENTO DE HIDRÁULICA E SANEAMENTO

# CARACTERIZAÇÃO QUALITATIVA E QUANTITATIVA DE ESGOTOS SANITÁRIOS

DEDALUS - Acervo - EESC



31100008500

Frederico Yuri Hanai



Dissertação apresentada à Escola de Engenharia de São Carlos da Universidade de São Paulo, como parte dos requisitos para obtenção do título de Mestre em Hidráulica e Saneamento.

ORIENTADOR: Prof. Dr. José Roberto Campos

São Carlos  
Estado de São Paulo  
1997

Classe	TESE-EESC
Cott.	2725
	2.1
Tombo	201/97

31400006500

Nº 934318

Ficha catalográfica preparada pela Seção de Tratamento  
da Informação do Serviço de Biblioteca - EESC-USP

H233c Hanai, Frederico Yuri  
Caracterização qualitativa e quantitativa de  
esgotos sanitários / Frederico Yuri Hanai. -- São  
Carlos, 1997.

Dissertação (Mestrado) -- Escola de Engenharia  
de São Carlos-Universidade de São Paulo, 1997.

Área: Hidráulica e Saneamento

Orientador: Prof. Dr. José Roberto Campos

1. Caracterização de esgotos. 2. Parâmetros de  
projeto de sistemas de esgotos. 3. Infiltração.

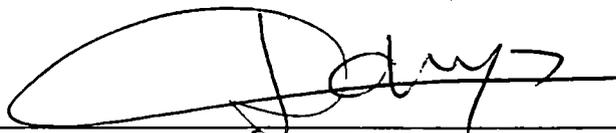
4. Método de caracterização de esgotos.

I. Título.

**FOLHA DE APROVAÇÃO**

Candidato: Engenheiro **FREDERICO YURI HANAI**

Dissertação defendida e aprovada em 24-10-1997  
pela Comissão Julgadora:



---

Prof. Titular **JOSÉ ROBERTO CAMPOS (Orientador)**  
(Escola de Engenharia de São Carlos - Universidade de São Paulo)



---

Prof. Doutor **MARCO ANTONIO PENALVA REALI**  
(Escola de Engenharia de São Carlos - Universidade de São Paulo)



---

Doutor **ANTONIO EDUARDO GIANSAANTE**  
(SABESP)



---

Prof. Titular **FAZAL HUSSAIN CHAUDHRY**  
Coordenador da Área de Hidráulica e Saneamento



---

**JOSÉ CARLOS A CINTRA**  
Presidente da Comissão de Pós-Graduação

“O custo do controle da poluição é elevado, mas não tão elevado quanto o que resultará da falta de controle.”

Clyde La Motte (1970)

The U.S. Plan to Control Water Pollution  
Ocean Industry, v.5, n.6, p.39-61.

*Aos meus pais, Frederico e Leiko,  
e aos meus irmãos, Daniel e Eric.*

## **AGRADECIMENTOS**

Ao professor Dr. José Roberto Campos pela orientação, dedicação, amizade e grande incentivo fornecidos durante a realização deste trabalho.

Ao DAAE - Departamento Autônomo de Águas e Esgotos de Araraquara, que financiou e permitiu a realização desta pesquisa.

Ao CNPq pela bolsa de estudo concedida.

Ao professor Dr. Eduardo Cleto Pires pela indispensável orientação inicial e permissão de pesquisa a outros temas de trabalho.

Ao professor Dr. Marco Antônio Reali pela coorientação, amizade e sugestões no início deste trabalho.

À professora Dra. Luisa Fernanda Ribeiro Reis pela amizade, disposição, atenção e enorme colaboração nos assuntos específicos deste trabalho.

Ao Eng. Aldo Benedito Pierri, diretor geral do DAAE, pelas decisões e permissões na realização deste trabalho.

Aos funcionários do DAAE, em especial ao Eng. Bráz, Sônia e Wagner pela colaboração e disposição.

Ao geólogo José Luiz G. Mendonça, do DAEE - Departamento de Águas e Energia Elétrica de Araraquara, pela colaboração nos assuntos específicos.

À professora Dra. Maria Creuza Bretas Salles, do Instituto de Ciências Matemáticas de São Carlos - Universidade de São Paulo, pela assessoria e sugestões na definição do método estatístico empregado neste trabalho.

Aos funcionários do Laboratório de Saneamento do Departamento de Hidráulica e Saneamento da EESC/USP, Paulo, Júlio, Miguel ("in memorian") e Cidinha, pelo apoio e atenção sempre fornecidos.

Ao Departamento de Hidráulica e Saneamento da EESC/USP, pela oportunidade da realização do mestrado, permitindo o almejado desenvolvimento e formação profissional nesta área.

À Márcia Magro, pela amizade, incentivo e atenção.

Aos professores do Departamento de Hidráulica e Saneamento da EESC/USP, pelos ensinamentos transmitidos na área, fundamentando o desenvolvimento deste trabalho.

À Sá, Pavi, Cecília, Valderez e Rose pela simpatia e disposição.

E a todos os meus amigos e colegas, que estando sempre presentes, auxiliaram e incentivaram, direta ou indiretamente, o desenvolvimento deste trabalho.

**SUMÁRIO**

LISTA DE FIGURAS .....	i
LISTA DE TABELAS .....	iv
LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS .....	vii
LISTA DE SÍMBOLOS.....	viii
RESUMO .....	ix
ABSTRACT.....	x
<b>CAPÍTULO 1 - INTRODUÇÃO.....</b>	<b>1</b>
<b>CAPÍTULO 2 - OBJETIVOS.....</b>	<b>5</b>
<b>CAPÍTULO 3 - CARACTERÍSTICAS DOS ESGOTOS.....</b>	<b>6</b>
3.1 CONSIDERAÇÕES INICIAIS .....	6
3.2 GENERALIDADES.....	7
3.2.1 ORIGEM.....	7
3.2.2 APARÊNCIA DOS ESGOTOS.....	9
3.2.3 DEFINIÇÃO DOS ESGOTOS.....	10
3.3 CARACTERÍSTICAS QUALITATIVAS DOS ESGOTOS.....	11
3.3.1 COMPOSIÇÃO GERAL.....	11
3.3.2 CARACTERÍSTICAS FÍSICAS .....	12
3.3.3 CARACTERÍSTICAS QUÍMICAS.....	12
3.3.4 CARACTERÍSTICAS BIOLÓGICAS E BACTERIOLÓGICAS .....	14
3.4 EXEMPLOS DE COMPOSIÇÃO TÍPICA DE ESGOTOS.....	16
3.5 PARÂMETROS DE PROJETO - DBO PER CAPITA E SST PER CAPITA .....	20
3.6 CARACTERÍSTICAS QUANTITATIVAS DOS ESGOTOS.....	24
3.7 PARÂMETROS DE PROJETO - VAZÃO.....	27
3.7.1 COEFICIENTE DE RETORNO (C) .....	29
3.7.2 COEFICIENTE DE CONTRIBUIÇÃO DE ESGOTO PER CAPITA ( $q_e$ ) .....	31
3.7.3 COEFICIENTES DE VARIAÇÃO DE VAZÃO ( $K_1$ , $K_2$ , E $K_3$ ).....	32

3.8 INFILTRAÇÃO .....	34
3.8.1 CONSIDERAÇÕES GERAIS.....	34
3.8.2 ÁGUAS PLUVIAIS.....	36
3.8.3 TAXA DE INFILTRAÇÃO (INF).....	40
<b>CAPÍTULO 4 - COLETA DE AMOSTRAS.....</b>	<b>43</b>
4.1 CONSIDERAÇÕES INICIAIS .....	43
4.2 PLANEJAMENTO DO PROGRAMA DE AMOSTRAGEM.....	44
4.3 TIPOS E MÉTODOS DE AMOSTRAGEM.....	51
4.3.1 AMOSTRAGEM SIMPLES .....	51
4.3.2 AMOSTRAGEM COMPOSTA .....	52
4.3.3 AMOSTRAGEM INTEGRADA .....	55
4.3.4 AMOSTRAGEM MANUAL OU AUTOMÁTICA.....	56
4.4 PRESERVAÇÃO E ARMAZENAMENTO DAS AMOSTRAS.....	56
4.5 NÚMERO DE AMOSTRAS E FREQUÊNCIA DE COLETAS .....	62
<b>CAPÍTULO 5 - MATERIAIS E MÉTODOS.....</b>	<b>65</b>
5.1 CONSIDERAÇÕES GERAIS.....	65
5.2 A CIDADE DE ARARAQUARA-SP .....	66
5.3 CONSIDERAÇÕES INICIAIS .....	69
5.4 PLANEJAMENTO DO PROGRAMA DE AMOSTRAGEM.....	70
5.4.1 DEFINIÇÃO DOS OBJETIVOS DE AMOSTRAGEM .....	71
5.4.2 SELEÇÃO DOS LOCAIS DE COLETA DE DADOS E AMOSTRAS DE ESGOTOS.....	71
5.4.3 SELEÇÃO DOS PARÂMETROS DE CARACTERIZAÇÃO DE ESGOTOS.....	74
5.4.4 PROGRAMAÇÃO DOS DIAS DE COLETA DE DADOS E AMOSTRAS DE ESGOTOS .....	75
5.4.5 PROGRAMAÇÃO DO NÚMERO E FREQUÊNCIA DE COLETA DE DADOS E AMOSTRAS .....	75
5.4.6 SELEÇÃO DOS MÉTODOS DE PRESERVAÇÃO E ARMAZENAMENTO DE AMOSTRAS .....	77
5.4.7 SELEÇÃO DOS MÉTODOS ANALÍTICOS LABORATORIAIS E PROGRAMAÇÃO DO LABORATÓRIO .....	78
5.5 PROJETO E INSTALAÇÃO DO MEDIDOR DE VAZÕES.....	79

5.6 PREPARAÇÃO PARA AS COLETAS DE AMOSTRAS .....	79
5.7 COLETAS DE DADOS E AMOSTRAS DE ESGOTOS .....	82
5.8 ANÁLISES FÍSICO-QUÍMICAS .....	86
5.9 A BACIA DO RIBEIRÃO DO OURO .....	88
5.9.1 GENERALIDADES .....	88
5.9.2 POPULAÇÃO .....	88
5.9.3 HÁBITOS DA POPULAÇÃO .....	90
5.9.4 TIPO DE OCUPAÇÃO DA ÁREA DA BACIA .....	91
5.10 O SISTEMA COLETOR DE ESGOTOS ESTUDADO .....	92
5.10.1 GENERALIDADES .....	92
5.10.2 A EXTENSÃO DA REDE COLETORA .....	93
5.10.3 AVALIAÇÃO DAS CONDIÇÕES ATUAIS DE FUNCIONAMENTO DO SISTEMA COLETOR DE ESGOTOS .....	94
5.10.4 ESTUDO DA SUBMERSÃO DA REDE COLETORA .....	95
5.11 MÉTODO PARA DETERMINAÇÃO DE INFILTRAÇÃO .....	100
<b>CAPÍTULO 6 - RESULTADOS E DISCUSSÕES .....</b>	<b>102</b>
6.1 CONSIDERAÇÕES GERAIS .....	102
6.2 VARIAÇÃO DE VAZÃO, DQO, PH E TEMPERATURA .....	103
6.3 CORRELAÇÃO LINEAR ENTRE VAZÃO E DQO .....	109
6.4 VALORES DA CONCENTRAÇÃO MÉDIA DE DQO .....	111
6.5 VALORES MÉDIOS DOS PRINCIPAIS PARÂMETROS DE ESGOTOS SANITÁRIOS .....	114
6.6 RELAÇÃO DQO / DBO .....	115
6.7 PERÍODOS DE MÍNIMOS VALORES E PERÍODOS DE MÁXIMOS VALORES DE VAZÃO E DE DQO .....	117
6.8 VALORES MÁXIMOS E MÍNIMOS DE DQO E DE VAZÃO .....	120
6.9 VAZÃO DE INFILTRAÇÃO .....	121
6.10 DETERMINAÇÃO E AVALIAÇÃO DOS PRINCIPAIS PARÂMETROS UTILIZADOS EM PROJETOS DE SISTEMAS DE ESGOTOS SANITÁRIOS .....	123
6.10.1 TAXA DE INFILTRAÇÃO (INF) .....	124
6.10.2 COEFICIENTE DE MÁXIMA VAZÃO HORÁRIA (K2) .....	129
6.10.3 COEFICIENTE DE MÍNIMA VAZÃO HORÁRIA (K3) .....	130
6.10.4 COEFICIENTE DE RETORNO (C) .....	133

6.10.5 CONTRIBUIÇÃO DE ESGOTO PER CAPITA ( $q_e$ ).....	137
6.10.6 CONTRIBUIÇÃO DIÁRIA DE DBO POR PESSOA (DBO PER CAPITA) .....	138
6.10.7 CONTRIBUIÇÃO DIÁRIA DE SÓLIDOS SUSPENSOS TOTAIS POR PESSOA (SST PER CAPITA) .....	141
6.10.8 CONTRIBUIÇÃO DIÁRIA DE DQO POR PESSOA (DQO PER CAPITA) .....	142
6.11 EFEITO DA CHUVA NAS CARACTERÍSTICAS DOS ESGOTOS .....	143
6.12 RESUMO DOS RESULTADOS .....	144
6.13 DEFINIÇÃO DO NÚMERO DE AMOSTRAS E DA FREQUÊNCIA DE AMOSTRAGEM	146
<b>CAPÍTULO 7 - MÉTODO DE CARACTERIZAÇÃO DE ESGOTOS .....</b>	<b>167</b>
7.1 CONSIDERAÇÕES INICIAIS .....	167
7.2 FLUXOGRAMA DO MÉTODO PROPOSTO DE CARACTERIZAÇÃO DE ESGOTOS SANITÁRIOS.....	168
7.3 DESCRIÇÃO DAS ETAPAS DO MÉTODO .....	170
7.3.1 PLANEJAMENTO DO PROGRAMA DE AMOSTRAGEM.....	170
7.3.2 PROJETO E INSTALAÇÃO DE SISTEMA PARA MEDIÇÃO DE VAZÃO.....	171
7.3.3 COLETAS DE AMOSTRAS.....	171
7.3.4 SISTEMA COLETOR DE ESGOTOS .....	172
7.3.5 SISTEMA DE ABASTECIMENTO DE ÁGUA.....	173
7.3.6 LEVANTAMENTO DE DADOS DEMOGRÁFICOS .....	173
7.3.7 LEVANTAMENTO DE HÁBITOS POPULACIONAIS .....	174
7.3.8 TIPO DE OCUPAÇÃO.....	174
7.3.9 LEVANTAMENTO DAS INDÚSTRIAS CONTRIBUINTES .....	175
7.4 PROGRAMAÇÃO PROPOSTA DE AMOSTRAGEM .....	175
7.5 ANÁLISE DE CUSTOS DO MÉTODO PROPOSTO.....	179
<b>CAPÍTULO 8 - CONCLUSÕES .....</b>	<b>182</b>
<b>ANEXO A .....</b>	<b>186</b>
<b>ANEXO B .....</b>	<b>196</b>
<b>ANEXO C .....</b>	<b>208</b>
<b>ANEXO D .....</b>	<b>218</b>
<b>ANEXO E .....</b>	<b>226</b>
<b>REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....</b>	<b>230</b>

**LISTA DE FIGURAS**

FIGURA 3.1 - Variação típica de vazão de esgotos sanitários .....	24
FIGURA 3.2 - Esquema típico de um Medidor Parshall. ....	26
FIGURA 4.1 - Fatores a serem considerados no planejamento de programas de amostragem. ....	46
FIGURA 5.1 - Localização da cidade de Araraquara-SP.....	67
FIGURA 5.2 - Mapa da cidade de Araraquara-SP e do local de levantamento de dados na bacia do ribeirão do Ouro.....	73
FIGURA 5.3 - Superfície do nível do aquífero freático no subsolo da cidade de Araraquara-SP.....	98
FIGURA 5.4 - Perfil da rede coletora de esgotos na cidade de Araraquara-SP .....	99
FIGURA 6.1 - Variação de vazão (l/s) de esgoto sanitário em três dias distintos, com leituras durante 24 horas em intervalos de 15 minutos .....	105
FIGURA 6.2 - Variação de DQO (mg/l) de esgoto sanitário em três dias distintos, com valores obtidos durante 24 horas em intervalos de 15 minutos .....	106
FIGURA 6.3 - Variação de pH de esgoto sanitário em três dias distintos, com medições durante 24 horas em intervalos de 15 minutos. ....	107
FIGURA 6.4. - Variação de Temperatura (°C) de esgoto sanitário em três dias distintos, com medições durante 24 horas em intervalos de 15 minutos. ....	108
FIGURA 6.5 - Correlação linear entre DQO e Vazão de esgotos para três dias distintos. ....	110
FIGURA 6.6- Valores médios de DQO (mg/l) obtidos por diferentes métodos de determinação.....	113
FIGURA 6.7 - Relação DQO/DBO.....	117
FIGURA 6.8 - Variação da DQO (mg/l) de esgoto sanitário, durante 24 horas, para três dias distintos. Valores obtidos a cada intervalo de 15 minutos.....	152
FIGURA 6.9 - Variação da DQO (mg/l) de esgoto sanitário durante 24 horas para três dias distintos. Representação da frequência de amostragem em intervalos de 30 minutos.....	153
FIGURA 6.10 - Variação da DQO (mg/l) de esgoto sanitário durante 24 horas para três dias distintos. Representação da frequência de amostragem em intervalos de 1 hora. ....	154

---

FIGURA 6.11 - Variação da DQO (mg/l) de esgoto sanitário durante 24 horas para três dias distintos. Representação da frequência de amostragem em intervalos de 2 horas. ....	155
FIGURA 6.12 - Variação da DQO (mg/l) de esgoto sanitário durante 24 horas para três dias distintos. Representação da frequência de amostragem em intervalos de 3 horas. ....	156
FIGURA 6.13 - Variação da DQO (mg/l) de esgoto sanitário durante 24 horas para três dias distintos. Representação da frequência de amostragem em intervalos de 4 horas. ....	157
FIGURA 6.14 - Variação da DQO (mg/l) de esgoto sanitário durante 24 horas para três dias distintos. Representação da frequência de amostragem em intervalos de 6 horas. ....	158
FIGURA 6.15 - Intervalos de confiança da média de DQO (mg/l) para diversas frequências de amostragem no Domingo. ....	160
FIGURA 6.16 - Gráfico da Perda de informação em função das frequências de amostragem, relativo aos dados de DQO. ....	162
FIGURA 6.17 - Gráfico da Perda de informação em função das frequências de amostragem, relativo aos dados de DQO com defasagem de 15 minutos. ....	162
FIGURA 6.18 - Gráfico da Perda de informação em função das frequências de amostragem, relativo aos dados de DQO com defasagem de 30 minutos. ....	163
FIGURA 6.19 - Gráfico da Perda de informação em função das frequências de amostragem, relativo aos dados de DQO com defasagem de 45 minutos. ....	163
FIGURA 6.20 - Gráfico da Perda de informação em função das frequências de amostragem, relativo aos dados de Vazão. ....	164
FIGURA 6.21 - Gráfico da Perda de informação em função das frequências de amostragem, relativo aos dados de Vazão com defasagem de 15 minutos. ....	164
FIGURA 6.22 - Gráfico da Perda de informação em função das frequências de amostragem, relativo aos dados de Vazão com defasagem de 30 minutos. ....	165
FIGURA 6.23 - Gráfico da Perda de informação em função das frequências de amostragem, relativo aos dados de Vazão com defasagem de 45 minutos. ....	165
FIGURA 7.1 - Fluxograma do método de caracterização de esgotos sanitários. ....	169

---

FIGURA 7.2 - Amostragem simples : coleta de amostras a cada intervalo de 1 hora para obtenção da variação de concentração de esgotos (por exemplo DQO) ao longo do tempo de 24 horas. Total: 24 amostras simples. ....	176
FIGURA 7.3 - Amostragem composta: coleta de alíquotas em intervalos de 1 hora e composição proporcional à vazão de uma amostra para obtenção de valores médios de concentração de esgotos no dia. Total: uma amostra composta. ....	177
FIGURA 7.4 - Amostragem composta: coleta de alíquotas em intervalos de 1 hora e composição proporcional à vazão de 4 amostras a cada 6 horas para obtenção de valores médios de concentração de esgotos em 4 períodos do dia. Total: 4 amostras compostas. ....	178
FIGURA D.1 - Variação de vazão (l/s) de esgoto sanitário, durante 24 horas, para três dias distintos. Valores obtidos a cada intervalo de 15 minutos. ....	219
FIGURA D.2 - Variação da vazão (l/s) de esgoto sanitário, durante 24 horas, para três dias distintos. Representação da frequência de amostragem em intervalos de 30 minutos. ....	220
FIGURA D.3 - Variação da vazão (l/s) de esgoto sanitário, durante 24 horas, para três dias distintos. Representação da frequência de amostragem em intervalos de 1 hora. ....	221
FIGURA D.4 - Variação da vazão (l/s) de esgoto sanitário, durante 24 horas, para três dias distintos. Representação da frequência de amostragem em intervalos de 2 horas. ....	222
FIGURA D.5 - Variação da vazão (l/s) de esgoto sanitário, durante 24 horas, para três dias distintos. Representação da frequência de amostragem em intervalos de 3 horas. ....	223
FIGURA D.6 - Variação da vazão (l/s) de esgoto sanitário, durante 24 horas, para três dias distintos. Representação da frequência de amostragem em intervalos de 4 horas. ....	224
FIGURA D.7 - Variação da vazão (l/s) de esgoto sanitário, durante 24 horas, para três dias distintos. Representação da frequência de amostragem em intervalos de 6 horas. ....	225

**LISTA DE TABELAS**

TABELA 3.1 - Composição Típica de esgoto sanitário.....	17
TABELA 3.2 - Composição típica dos esgotos de alguns municípios do Estado de São Paulo - Brasil .....	18
TABELA 3.3 - Composição típica dos esgotos de algumas cidades do Brasil e da Colômbia .....	19
TABELA 4.1 - Técnicas de preservação e armazenamento de amostras.....	59
TABELA 5.1 - Programação das coletas de amostras no período de 24 horas.....	77
TABELA 5.2- Frascos para as coletas .....	81
TABELA 5.3 - Composição de amostras.....	84
TABELA 6.1 - Valores de DQO (mg/l) em três dias distintos obtidos por amostragem composta a cada 6 horas.....	111
TABELA 6.2- Valores de DQO (mg/l) em três dias distintos obtidos por amostragem composta a cada 4 horas.....	111
TABELA 6.3 - Valores médios de DQO (mg/l), segundo os métodos de determinação ...	112
TABELA 6.4 - Valores médios dos parâmetros de esgotos sanitários na bacia do ribeirão do Ouro da cidade de Araraquara-SP em três dias distintos.....	115
TABELA 6.5 - Relação DQO/DBO.....	116
TABELA 6.6 - Períodos de máximos e de mínimos valores de vazão.....	118
TABELA 6.7 - Períodos de máximos e de mínimos valores de DQO .....	119
TABELA 6.8 - Valores de DQO máxima e DQO mínima (mg/l) .....	120
TABELA 6.9 - Valores de vazão máxima e vazão mínima (l/s).....	121
TABELA 6.10 - Valores de vazão mínimas de esgoto e suas parcelas estimadas.....	123
TABELA 6.11 - Taxa de Infiltração para os três dias de coletas.....	124
TABELA 6.12 - Taxas de Infiltração em redes de esgotos sanitários segundo diversos autores .....	127
TABELA 6.13 - Coeficiente de máxima vazão horária (K2) .....	129
TABELA 6.14 - Valores do coeficientes de máxima vazão horária (K2).....	130
TABELA 6.15 - Coeficiente de mínima vazão horária (K3) .....	131
TABELA 6.16 - Valores do coeficientes de mínima vazão horária (K3).....	132

---

TABELA 6.17 - Coeficiente de mínima vazão horária (K3) descontando-se as vazões de infiltração na vazão mínima.....	132
TABELA 6.18 - Coeficiente de retorno.....	134
TABELA 6.19 - Coeficiente de retorno (C), considerando-se o volume total produzido tratado .....	135
TABELA 6.20 - Coeficiente de retorno (C) desconsiderando-se as águas de infiltração..	136
TABELA 6.21 - Valores do coeficientes de retorno (C) .....	136
TABELA 6.22 - Contribuição de esgoto per capita (qe) e consumo de água per capita (q) .....	137
TABELA 6.23 - Valores do contribuição de esgoto per capita (qe) .....	138
TABELA 6.24 - Carga diária de DBO (kg/dia) e DBO per capita (g/pessoa.dia) .....	139
TABELA 6.25 - Valores da contribuição de DBO por pessoa (DBO per capita) .....	140
TABELA 6.26 - Carga diária de SST (kg/dia) e SST per capita (g/pessoa.dia).....	141
TABELA 6.27 - Valores da contribuição de SST por pessoa (SST per capita).....	142
TABELA 6.28 - Carga diária de DQO (kg/dia) e DQO per capita (g/pessoa.dia) .....	142
TABELA 6.29 - Efeito da chuva nos valores de parâmetros característicos de esgotos no Domingo (29/11/95) .....	143
TABELA 6.30 - Resumo dos valores obtidos dos coeficientes e dos parâmetros de projeto .....	145
TABELA 7.1 - Custos parciais envolvidos no método de caracterização de esgotos (Data do levantamento: Agosto de 1997).....	181
TABELA A.1 - Dados obtidos de Vazão, pH, Temperatura e DQO Dia 29/10/95 - Domingo .....	187
TABELA A.2 - Dados obtidos de Vazão, pH, Temperatura e DQO Dia 08/11/95 - Quarta-feira .....	190
TABELA A.3 - Dados obtidos de Vazão, pH, Temperatura e DQO Dia 18/11/95 - Sábado .....	193
TABELA B.1 - Valores de DQO (mg/l) em 3 dias específicos .....	197
TABELA B.2 - Valores de DQO (mg/l) em 3 dias específicos .....	198
TABELA B.3 - Valores de DBO (mg/l) em 3 dias específicos.....	198
TABELA B.4 - Valores de Sólidos Totais (mg/l) em 3 dias específicos .....	199
TABELA B.5 - Valores de Sólidos Suspensos (mg/l) em 3 dias específicos .....	200

---

TABELA B.6 - Valores de Sólidos Dissolvidos (mg/l) em 3 dias específicos .....	201
TABELA B.7 - Valores de Sólidos Sedimentáveis (ml/l) em 3 dias específicos .....	201
TABELA B.8 - Valores de Nitrogênio Total (mg/l) em 3 dias específicos .....	202
TABELA B.9 - Valores de Nitrogênio Amôniaco (mg/l) em 3 dias específicos .....	202
TABELA B.10 - Valores de Nitrogênio Nitrato (mg/l) em 3 dias específicos .....	202
TABELA B.11 - Valores de Nitrogênio Nitrito (mg/l) em 3 dias específicos .....	203
TABELA B.12 - Valores de Fósforo Total (mg/l) em 3 dias específicos .....	203
TABELA B.13 - Valores de Óleos e Graxas (mg/l) em 3 dias específicos .....	203
TABELA B.14 - Valores do Metal Zinco (mg/l) em 3 dias específicos .....	204
TABELA B.15 - Valores do Metal Chumbo (mg/l) em 3 dias específicos .....	204
TABELA B.16 - Valores do Metal Ferro (mg/l) em 3 dias específicos .....	205
TABELA B.17 - Valores do Metal Cádmio (mg/l) em 3 dias específicos .....	205
TABELA B.18 - Valores do Metal Níquel (mg/l) em 3 dias específicos .....	206
TABELA B.19 - Valores do Metal Cobre (mg/l) em 3 dias específicos .....	206
TABELA B.20 - Valores do Metal Manganês (mg/l) em 3 dias específicos .....	207
TABELA B.21 - Valores do Metal Cromo (mg/l) em 3 dias específicos .....	207
TABELA B.22 - Valores de Alcalinidade (mg/l) em 3 dias específicos .....	207
TABELA C.1 - Características das indústrias e dos seus efluentes .....	209
TABELA C.2 - Características das indústrias e dos seus efluentes .....	210
TABELA C.3 - Características das indústrias e dos seus efluentes .....	211
TABELA C.4 - Características das indústrias e dos seus efluentes .....	212
TABELA C.5 - Características das indústrias e dos seus efluentes .....	213
TABELA C.6 - Características das indústrias e dos seus efluentes .....	214
TABELA C.7 - Características das indústrias e dos seus efluentes .....	215
TABELA C.8 - Características das indústrias e dos seus efluentes .....	216
TABELA C.9 - Características das indústrias e dos seus efluentes .....	217
TABELA E.1 - Custos das análises laboratoriais (Agosto de 1997) .....	227
TABELA E.2 - Custos dos materiais consumíveis por campanha (Agosto de 1997) .....	228
TABELA E.3 - Custos dos materiais não consumíveis (Agosto de 1997) .....	229

**LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS**

ABNT	- Associação Brasileira de Normas Técnicas
AGV	- Ácidos Graxos Voláteis
CAESB	- Companhia de Águas e Esgotos de Brasília
CESP	- Centrais Elétricas de São Paulo
CETESB	- Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental
COPASA-MG	- Companhia de Saneamento de Minas Gerais
COT	- Carbono Orgânico Total
CPFL	- Companhia Paulista de Força e Luz
DAAE	- Departamento Autônomo de Águas e Esgotos
DAEE	- Departamento de Água e Energia Elétrica
DBO	- Demanda Bioquímica de Oxigênio
DIPEQ	- Divisão de Pesquisas do IBGE
DQO	- Demanda Química de Oxigênio
DThO	- Demanda Teórica de Oxigênio
EESC-USP	- Escola de Engenharia de São Carlos - Universidade de São Paulo
ETE	- Estação de Tratamento de Esgotos
FEPASA	- Ferrovias Paulista SA
IBGE	- Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
OD	- Oxigênio Dissolvido
SST	- Sólidos Suspensos Totais
TELESP	- Telecomunicações de São Paulo SA
SABESP	- Companhia de Saneamento Básico do Estado de São Paulo
SANESP	- Companhia Metropolitana de Saneamento de São Paulo
SEREC	- Serviço de Engenharia Consultiva S/C Ltda.
UTM	- Universal Transversa de Mercator

**LISTA DE SÍMBOLOS**

<b>C</b>	- coeficiente de retorno
<b>h</b>	- hora
<b>hab</b>	- habitantes
<b>l</b>	- amplitude do intervalo de confiança de certa frequência de amostragem
<b>l ref</b>	- amplitude do intervalo de referência (relativo à frequência de 15 minutos)
<b>INF</b>	- taxa de infiltração, l/s.km
<b>K1</b>	- coeficiente de máxima vazão diária
<b>K2</b>	- coeficiente de máxima vazão horária
<b>K3</b>	- coeficiente de mínima vazão horária
<b>min</b>	- minuto
<b>n</b>	- tamanho da amostra
<b>q</b>	- consumo de água per capita, l/pessoa.dia
<b>Q</b>	- vazão, l/s, m <sup>3</sup> /dia
<b>q<sub>o</sub></b>	- coeficiente de esgoto per capita, l/pessoa.dia
<b>r</b>	- coeficiente de correlação
<b>s</b>	- desvio padrão amostral
<b>t</b>	- variável t de Student
<b>U</b>	- nível aceitável de incerteza
$\bar{x}$	- média amostral
<b>w</b>	- dimensão nominal da garganta do medidor Parshall
$\alpha$	- nível de confiança na estimativa do intervalo de confiança, %
$\mu$	- média populacional
$\sigma$	- desvio padrão populacional

**RESUMO**

HANAI, F.Y. (1997). *Caracterização qualitativa e quantitativa de esgotos sanitários*. São Carlos, 1997. 235p. Dissertação (Mestrado) - Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo.

Este trabalho consistiu na caracterização qualitativa e quantitativa de esgotos sanitários, com levantamento de dados e coletas de amostras de esgotos, na bacia do ribeirão do Ouro da cidade de Araraquara-SP, por campanhas em três dias distintos. Os resultados obtidos foram: variação de vazão, de DQO, de pH e de temperatura ao longo do período de 24 horas e valores médios de concentração de DBO, DQO, Nitrogênio (várias formas), alcalinidade, sólidos (diversas formas), Fosfato Total, óleos e graxas, metais. A partir desses resultados e dos dados da bacia do ribeirão do Ouro avaliaram-se os parâmetros e coeficientes de projetos de sistemas de esgotos sanitários, estimando-se os seguintes valores: taxa de infiltração ( $Inf = 0,16$  l/s.km); coeficiente de máxima vazão horária ( $K2 = 1,6$ ) e o de mínima vazão horária ( $K3 = 0,41$ ); coeficiente de retorno ( $C = 0,6$ ); coeficiente de esgoto per capita ( $q_0 = 140$ /hab.dia); e DBO per capita (46g/hab.dia). Os valores estimados desses coeficientes e parâmetros diferem, às vezes muito, dos usualmente adotados e empregados. Comprova-se então a importante necessidade de um levantamento preliminar de dados de esgotos e da área de estudo, com determinação efetiva dos parâmetros envolvidos. Para isto, propõe-se método de caracterização de esgotos sanitários, com definição do número de coletas de amostras e da frequência de amostragem a serem empregadas, sugerindo etapas e procedimentos necessários para obter, de maneira fácil e objetiva, dados representativos e verdadeiros das características de esgotos de cidades.

Palavras-chave: caracterização de esgotos; características de esgotos; parâmetros de projeto de sistemas de esgotos; infiltração; método de caracterização de esgotos.

**ABSTRACT**

HANAI, F.Y. (1997). *Qualitative and quantitative characterization of sanitary sewage*. São Carlos, 1997. 235p. Dissertação (Mestrado) - Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo.

This work involved the qualitative and quantitative characterization of sanitary sewage, by means of a three day period of collection of samples and data in the Ribeirão do Ouro Basin, Araraquara - São Paulo State. The final results were: changes in flow, COD, pH and temperature during a 24 hour period, and average concentration values of BOD, COD, Nitrogen (in different forms), alkalinity, solids (in different forms), Phosphorus, oils and grease, and metals. Following these results and the data from the Ribeirão do Ouro Basin, the parameters and coefficients for the design of sanitary sewage systems were evaluated: infiltration rate (0,16 l/s.km); peak flow coefficient ( $K_2 = 1,6$ ); minimum flow coefficient ( $K_3 = 0,41$ ); rate between sewage contribution and water consumption ( $C = 0,6$ ); per capita sewage flow coefficient ( $q_s = 140/\text{hab.day}$ ); and per capita BOD contribution (46 g/hab.day). The esteemed values of these coefficients sometimes differ from those normally used. It is therefore proven the importance of a preliminary survey of data on the sewage and the studied area, with the effective determination of such parameters. In order to accomplish that, a sanitary sewage characterization method is proposed, with a definition of the number of samples and the sampling frequency to be employed. It is also suggested the steps and procedures to assure easy and objective gathering of reliable data on the characteristics of the city sewage.

Keywords: sewage characterization; characteristics of sewage; parameters for the design of sewage systems; infiltration; sewage characterization method.

## **CAPÍTULO 1**

### **INTRODUÇÃO**

Em projetos de sistemas de coleta e tratamento de esgotos sanitários, depara-se muitas vezes com incertezas quanto a definição dos parâmetros envolvidos na sua concepção.

Geralmente aceita-se, em função da pouca disponibilidade de dados reais determinados por intermédio de medições efetivas, os valores dos parâmetros recomendados nas normas brasileiras vigentes.

Contudo, nem sempre esses valores estimados estão próximos dos valores verificados após a implantação das obras projetadas e em muitos casos as diferenças são muito discordantes. Assim, se os parâmetros foram subestimados, o período de alcance do projeto da estação de tratamento de esgotos fica comprometido e a sua operação também, ou seja, ocorre conseqüentemente a saturação prematura do sistema projetado. Por outro lado, se os parâmetros são superestimados, implica que houve investimentos iniciais desnecessários e desperdícios decorrentes, e as conseqüências deste fato serão no mínimo desconfortantes (ALMEIDA NETO et al., 1989).

A investigação profunda na etapa de obtenção de dados verdadeiros para o dimensionamento de sistemas de esgotos sanitários mostra-se de fundamental importância, sob pena de incorrer-se em erros de

projeto, algumas vezes grosseiros, conforme pode ser observado em alguns estudos relatados a seguir.

Durante a partida e a operação inicial da Estação de Tratamento de Esgotos Jardim Humaitá, em São Vicente-SP, KAMIYAMA et al. (1988) observaram diversos tipos de problemas, alguns deles decorrentes de erros de projeto, outros de falhas construtivas. A estimativa de DQO de projeto (500 mg/l de DQO) foi amplamente superada, demonstrado por levantamento posterior do perfil das características de esgotos efluentes à estação de tratamento. A partir de uma campanha de 24 horas para coleta e análise de esgotos, demonstrou-se que a concentração de DQO superou 600 mg/l e a máxima alcançou 1100 mg/l, ou seja, 2,2 vezes maior que o valor médio de projeto (500 mg/l). Por outro lado, a vazão afluente à estação foi inferior à estimada no projeto. A vazão afluente de esgoto oscilou entre 1500 a 4000 m<sup>3</sup>/dia, inferior à média de 4000 m<sup>3</sup>/dia, prevista no projeto.

Dessas observações, KAMIYAMA et al. (1988) concluíram que torna-se evidente a necessidade de uma pesquisa profunda preliminar dos dados da comunidade a ser atendida. No que concerne à carga orgânica contribuinte para a ETE, não basta apenas considerar a taxa de contribuição per capita tradicionalmente adotada (54 g de DBO/hab. dia, no caso), mas levar em consideração aquelas contribuições adicionais que somente poderão ser detectadas após trabalho de levantamento das condições e das características do local em estudo.

Analisando os resultados obtidos numa pesquisa de levantamento de dados de esgotos nas cidades de Indaiaporã-SP e Guarani D'Oeste-SP, ALMEIDA NETO et al. (1989) verificaram que as lagoas de estabilização facultativas projetadas para estas cidades, com a adoção de parâmetros clássicos de projetos, foram superdimensionadas em 50% para Indaiaporã-SP e em 47% para Guarani D'Oeste-SP, respectivamente. "Se por um lado o tratamento estará garantido por alguns anos mais, por outro, incorreu-se em custos iniciais desnecessários, na dificuldade de operação

das lagoas, e na perda de benefícios por deixar-se de investir em outra localidade qualquer” (ALMEIDA NETO et al., 1989).

RESENDE & BONATO (1991) descreveram estudo de monitoramento de lagoas de estabilização que a Companhia de Saneamento Básico do Estado de São Paulo (SABESP) promoveu a partir de 1990, objetivando a determinação de parâmetros regionais do Estado de São Paulo, para serem utilizados na elaboração de novos projetos de lagoas de estabilização. Grande parte destas lagoas foi dimensionada com base em parâmetros obtidos de pesquisas realizadas em outros países e apresentados em publicações estrangeiras que, de maneira geral, não contemplam os aspectos peculiares das regiões estudadas. Isto decorre da falta de pesquisas sistemáticas que forneçam dados compatíveis com as condições climáticas locais. Os autores concluíram que na avaliação das condições atuais das lagoas de estabilização, apesar de inúmeras unidades funcionarem satisfatoriamente, muitos sistemas apresentam problemas operacionais ou possuem baixa eficiência de tratamento.

Do que foi exposto nesses exemplos anteriores, conclui-se que os valores dos parâmetros usualmente adotados para projetos de sistemas de esgotos sanitários nem sempre são condizentes com as condições reais e as características dos esgotos.

Segundo CAMPOS (1994), uma medida fundamental para se iniciar o levantamento de dados para elaboração de projeto de sistema de tratamento de esgotos relaciona-se com a determinação da qualidade e da quantidade dos esgotos que serão encaminhados à estação depuradora.

Deve-se determinar a variação da vazão e da qualidade dessas águas, para que seja possível um dimensionamento mais próximo da realidade local e não baseado em dados obtidos em bibliografia. (CAMPOS, 1994)

A caracterização qualitativa e quantitativa dos esgotos é essencial para a concepção de sistemas de coleta, tratamento e disposição. O amplo e perfeito conhecimento das características do esgoto permite decidir qual a melhor alternativa de tratamento a ser empregada e como será a operação do processo deste tratamento, e também dimensionar melhor o sistema, sem riscos de incertezas e com custos adequados. Além disso o conhecimento da composição e da quantidade de esgoto é essencial também na avaliação da operação de uma estação de tratamento e na manutenção da qualidade do sistema de tratamento.

## CAPÍTULO 2

### OBJETIVOS

O objetivo principal da presente pesquisa é o desenvolvimento de método para a caracterização qualitativa e quantitativa dos esgotos sanitários de uma cidade, mostrando a importância do conhecimento íntegro das características de esgotos sanitários, por meio de determinações efetivas, essenciais para subsidiar com certa segurança os projetos de sistemas de esgotos sanitários.

Outros objetivos específicos que levarão ao objetivo principal da pesquisa são:

- levantamento das características dos esgotos sanitários da cidade de Araraquara-SP;
- determinação dos principais parâmetros e coeficientes de projeto de sistemas de coleta e tratamento de esgotos, sem a intenção de contestar os valores usuais dos parâmetros recomendados nas normas vigentes, nem muito menos sugerir novos valores convenientes;
- estimativa da infiltração de águas subterrâneas no sistema coletor de esgotos sanitários da cidade de Araraquara-SP;
- determinação do método de amostragem adequado, do número e da frequência de coletas de amostras de esgotos a serem empregados no programa de amostragem para caracterização de esgotos de uma cidade.

## **CAPÍTULO 3**

# **CARACTERÍSTICAS DOS ESGOTOS**

### **3.1 CONSIDERAÇÕES INICIAIS**

Inicialmente, nesta revisão bibliográfica, discorre-se sobre as origens, aparência, e definições de esgotos. Em termos qualitativos, descrevem-se as características físicas, químicas, biológicas e bacteriológicas com base nos principais parâmetros de caracterização de esgotos e os valores geralmente adotados para projeto de estações de tratamento de esgotos. Em termos quantitativos, são apresentadas as equações geralmente empregadas para estimativas das vazões e os valores de seus coeficientes usualmente adotados para projeto. Dada a importância da infiltração que ocorre no sistema coletor de esgotos, cuja avaliação é um dos objetivos específicos nesta dissertação, apresentam-se em maiores detalhes as considerações a respeito da infiltração.

As características dos esgotos sanitários são determinadas a partir de uma seqüência de procedimentos que envolve medições locais de vazões de esgotos, a coleta de amostras, as análises e a interpretação dos resultados obtidos. Ao conjunto destas atividades denomina-se caracterização qualitativa e quantitativa de esgotos, que muitas vezes será citada nesta dissertação, mostrando-se necessária, então, a sua conceituação.

Segundo FERREIRA (sd.), caracterização significa ato ou efeito de caracterizar. O verbo caracterizar tem origem grega (de charakterízo) e define-se como: a) pôr em evidência o caráter de, assimilar, distinguir; b) descrever com propriedade, assímiando os elementos individualizadores e identificadores de uma pessoa ou coisa.

Assim, caracterizar esgotos sanitários significa identificar e avaliar os parâmetros de interesse existentes na sua composição, tornando possível a definição das características qualitativas e quantitativas do esgoto.

## **3.2 GENERALIDADES**

### **3.2.1 ORIGEM**

O esgoto é definido como sendo a água residuária de uma comunidade ou seja, é a água proveniente do sistema de abastecimento de uma população, depois de ter sido modificada por diversos usos em atividades domésticas, industriais e comunitárias, que é então recolhida pela rede coletora que a conduzirá a um destino apropriado (HEALTH EDUCATION SERVICE, sd. e MARA, 1976).

Segundo sua origem, os esgotos resultam da combinação de líquidos e despejos sólidos transportados pelas águas, que procedem de residências, escritórios, edifícios comerciais e instituições, juntamente com os despejos das indústrias e de atividades agrícolas, assim como das águas subterrâneas, superficiais ou de precipitação, que também podem eventualmente se agregar ao esgoto. (MENDONÇA<sup>1</sup> apud TORRES, 1992)

---

<sup>1</sup>. MENDONÇA, S. R. (1987). *Tópicos avançados em sistemas de esgotos sanitários*. Rio de Janeiro, ABES apud TORRES, P. (1992). *Desempenho de um reator anaeróbio de manta de lodo (UASB) de bancada no tratamento de substrato sintético simulando esgotos sanitários*. São Carlos. Dissertação (Mestrado) - Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo.

As características de esgotos estão relacionadas com as suas origens. Segundo HEALTH EDUCATION SERVICE (sd.), estas origens podem ser: resíduos humanos e animais, resíduos domiciliares, despejos líquidos industriais, infiltração de águas subterrâneas, e eventualmente águas pluviais.

Os resíduos humanos e animais originam-se do corpo humano que tornam parte do esgoto por meio de descargas das instalações de banheiros, e de excrementos de animais que são levados para os coletores de esgotos. Estes resíduos são os mais importantes com relação à saúde pública, pois podem conter organismos causadores de doenças (HEALTH EDUCATION SERVICE, sd.). Os resíduos das instalações de banheiros consistem de despejos de pias, vasos sanitários, chuveiros e de banheiras, tais como, lavagem de mãos e faces, sujeiras do corpo, escovação de dentes, águas de barbear, saliva, mucos faringe-nasais, urina, fezes, etc. (LIGMAN et al., 1974).

Os resíduos domiciliares são derivados de operações em lavanderias, em cozinhas e de equipamentos eletrodomésticos. Segundo PUJOL & LIENARD (1990) o volume diário pode variar consideravelmente dependendo da quantidade de equipamentos e dos hábitos higiênicos. Os resíduos de cozinhas originam-se em pias e em lavadoras de louça e contêm sobras e restos de alimentos e bebidas e detritos de lavagem e enxágüe de louças, tais como, detergentes, sabão, limpadores de fornos e graxas. Os resíduos de lavanderias originam-se geralmente em tanques e em lavadoras automáticas de roupas e contêm principalmente sujeiras de roupas, sujeiras de residências, produtos químicos, tais como, detergentes, alvejantes, sabão, amoníaco, polidores, ceras de chão e de móveis, solventes, tinta, e inseticidas (LIGMAN et al., 1974).

Os despejos líquidos industriais, águas residuárias geradas por processos industriais, podem ser recebidos no sistema coletor de esgotos municipais e na estação de tratamento, somente se obedecerem a certas condições. Os despejos líquidos industriais possuem características muito

específicas e sua disposição eficiente deve ser providenciada. O tratamento combinado destas águas é recomendado quando o sistema de coleta de esgotos não é sobrecarregado ou impedido e a operação e manutenção da estação de tratamento não é prejudicada (NEGULESCU, 1985).

Em alguns casos, o volume e as características dos despejos líquidos industriais são tais que um sistema separado de coleta e disposição deve ser providenciado. Muitos tipos de despejos líquidos industriais contêm agentes espumantes, detergentes, e outras substâncias químicas que interferem na disposição final do esgoto da comunidade ou danifica coletores de esgotos e outras estruturas. Neste caso, os despejos líquidos industriais não podem ser lançados diretamente aos coletores de esgotos, mas devem ter tratamento preliminar ou dispostos separadamente (HEALTH EDUCATION SERVICE, sd.).

Outros tipos de contribuintes que podem se agregar aos esgotos são as águas de infiltração e as águas pluviais. Essas águas penetram indesejavelmente no sistema coletor de esgotos por meios geralmente incontroláveis. As águas de infiltração, originárias do subsolo, penetram pelas juntas das tubulações, pelas paredes das tubulações, pelas juntas mal executadas, pelas tubulações defeituosas, pelas estruturas dos poços de visita e das estações elevatórias, etc. As águas pluviais encontram caminho para a rede coletora de esgotos por intermédio de ligações de canalizações pluviais prediais de domicílios à rede de esgotos (ligações clandestinas); ligações de galerias de águas pluviais à rede de esgotos; tampões de poços de visitas; ligações abandonadas; e defeitos das instalações (AZEVEDO NETTO, 1979). Os tópicos relacionados à infiltração e às águas pluviais são apresentados posteriormente com maiores detalhes numa seção específica.

### **3.2.2 APARÊNCIA DOS ESGOTOS**

O esgoto fresco é um líquido turvo e cinza que tem odor forte, não muito agradável. Contém sólidos suspensos e flutuantes grosseiros (tais como sólidos fecais, trapos, embalagens plásticas), sólidos suspensos de

pequena dimensão (tais como sólidos parcialmente desintegrados, papel, pedaços de alimentos) e sólidos particulados em suspensão (isto é, não sedimentáveis), assim como poluentes em solução verdadeira (MARA, 1976).

O esgoto é desagradável na aparência e extremamente perigoso em conteúdo, principalmente devido ao número de organismos (patogênicos) causadores de doenças (MARA, 1976).

Em clima quente, o esgoto pode logo perder em seu conteúdo o oxigênio dissolvido e então tornar-se séptico, a cor gradualmente muda de cinza para preto, e um odor desagradável e ofensivo desenvolve-se (gás sulfídrico, principalmente) e sólidos escuros aparecem flutuando na superfície ou por toda parte do líquido (HEALTH EDUCATION SERVICE, sd. e MARA, 1976).

### **3.2.3 DEFINIÇÃO DOS ESGOTOS**

Muitas vezes depara-se com alguns termos descritivos de esgotos tais como, esgoto doméstico, esgoto sanitário, ou esgoto combinado, cuja diferenciação nem sempre é conhecida.

O esgoto doméstico é aquele que contém resíduos humanos e animais e resíduos de domicílios. Infiltração de águas subterrâneas também pode estar incluída. Este esgoto é típico de áreas residenciais onde há nenhuma ou somente muito pouca atividade industrial (HEALTH EDUCATION SERVICE, sd.).

O esgoto sanitário é comumente constituído de esgotos domésticos, juntamente com os despejos líquidos industriais, lançados no sistema coletor de esgotos, além das águas de infiltração e a parcela de contribuição pluvial parasitária (UEHARA & VIDAL, 1989).

O esgoto combinado é a mistura de esgoto sanitário e águas pluviais quando ambos são coletados propositadamente no mesmo sistema de coleta de esgotos (HEALTH EDUCATION SERVICE, sd.).

### **3.3 CARACTERÍSTICAS QUALITATIVAS DOS ESGOTOS**

#### **3.3.1 COMPOSIÇÃO GERAL**

O esgoto sanitário é composto de constituintes físicos, químicos e biológicos. É uma mistura de materiais orgânicos e inorgânicos, suspensos ou dissolvidos na água. Segundo TORRES (1992), a maior parte da matéria orgânica consiste em resíduos alimentícios, excreta, matéria vegetal, sais minerais, orgânicos e materiais diversos como sabões e detergentes sintéticos. Alguns destes são sólidos em suspensão, outros estão em solução e alguns em suspensão coloidal.

A quantidade de sólidos no esgoto é muito pequena, geralmente menos de 0,1%, em peso, mas é a parte do esgoto que apresenta os maiores problemas no tratamento e disposição. A água constitui somente o veículo de transporte dos sólidos. (HEALTH EDUCATION SERVICE, sd.)

O número de diferentes substâncias químicas que são encontradas no esgoto é tão vasto que, quando possível, seria insignificante listá-las todas, por essa razão, os sanitaristas usam parâmetros especiais para caracterizar esgotos e águas em geral (MARA, 1976).

A composição dos esgotos é determinada por meio de parâmetros especiais, por análises laboratoriais específicas, estabelecendo suas características físicas, químicas, bacteriológica e biológica. Os objetivos destas análises são: fornecer informações do grau de poluição do esgoto e as condições na qual deverá ser tratado; estimar a eficiência de uma estação de tratamento existente e as condições em que estão ocorrendo a depuração; e permitir a determinação da influência da descarga do esgoto sobre os rios (NEGULESCU, 1985).

### **3.3.2 CARACTERÍSTICAS FÍSICAS**

As principais características físicas das águas residuárias são: temperatura, cor, odor, turbidez, e o seu conteúdo de sólidos totais, os quais são compostos de material flutuante, material sedimentável, material coloidal e material em solução (BRAILE & CAVALCANTI, 1993). Estas características influenciam muito nos processos de tratamento, e particularmente, a temperatura tem maior importância, influenciando na cinética de processos biológicos (NEGULESCU, 1985).

Os sólidos totais e seus dois componentes, sólidos suspensos e sólidos dissolvidos, são importantes características usadas para estimar a eficiência do tratamento em diferentes estágios. Os sólidos suspensos sedimentáveis constituem o lodo do processo de sedimentação. Os sólidos dissolvidos minerais não são convertidos nem removidos no processo de tratamento, e os sólidos dissolvidos orgânicos são de fato, a poluição orgânica de esgotos; eles são oxidados e decompostos durante o tratamento biológico (NEGULESCU, 1985).

### **3.3.3 CARACTERÍSTICAS QUÍMICAS**

As características químicas dos esgotos podem ser divididas em três categorias: orgânicas, inorgânicas e gases. Segundo NEGULESCU (1985), as características orgânicas compreendem proteínas, carboidratos, lipídeos, surfactantes, fenóis e pesticidas; as características inorgânicas são pH, cloro, alcalinidade, nitrogênio (amoniaco, nitrito e nitrato), fósforo, metais pesados, materiais tóxicos; e, finalmente, a categoria dos gases principais, incluem-se oxigênio, hidrogênio, e metano.

Em esgotos, cerca de 75% dos sólidos suspensos e 40% dos sólidos filtráveis são naturalmente orgânicos. Estes sólidos são derivados de origem animal e vegetal e de atividades humanas relacionadas à síntese de compostos orgânicos. Compostos orgânicos são normalmente constituídos de combinações de carbono, hidrogênio, e oxigênio, junto com nitrogênio em alguns casos. Outros elementos importantes, tais como enxofre, fósforo,

e ferro, podem também estar presentes. O principal grupo de substâncias orgânicas encontradas em águas residuárias são proteínas (40 a 60%), carboidratos (25 a 50%), e óleos e graxas (10%). Uréia, o principal constituinte da urina, é outro composto orgânico importante que contribui em esgotos. Devido à sua decomposição rápida, a uréia não decomposta é raramente encontrada a não ser em esgotos muito frescos (METCALF & EDDY, 1991).

Além de proteínas, carboidratos, óleos e graxas, e uréia, os esgotos contêm pequenas quantidades de grande número de diferentes moléculas orgânicas sintéticas com suas estruturas variando de simples até extremamente complexas. Exemplos típicos incluem os surfactantes, poluentes, na maior parte, orgânicos, compostos orgânicos voláteis, e pesticidas agrícolas. Além disso, o número de tais compostos está crescendo anualmente tanto quanto novas moléculas orgânicas estão sendo sintetizadas. A presença destas substâncias tem recentemente complicado o tratamento de esgotos devido às fracas possibilidades de serem decompostas biologicamente (METCALF & EDDY, 1991).

Ao longo dos anos, um número de diferentes testes têm sido desenvolvido para determinar o conteúdo orgânico de águas residuárias. Os métodos laboratoriais comumente usados para medir quantidades de matéria orgânica em esgotos incluem: a Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO); a Demanda Química de Oxigênio (DQO); e o Carbono Orgânico Total (COT). A complementação destes testes laboratoriais é a Demanda Teórica de Oxigênio (DThO), que é determinada com base em fórmulas químicas da matéria orgânica (METCALF & EDDY, 1991).

Muitos componentes inorgânicos de águas residuárias e águas naturais são importantes no estabelecimento e controle da qualidade de água. As águas residuárias, com exceção de alguns despejos líquidos industriais, são raramente tratados para remoção de constituintes inorgânicos que são adicionados ao ciclo de uso da água. As devidas concentrações dos vários constituintes inorgânicos podem afetar

grandemente os usos benéficos das águas, é recomendável examinar a natureza de alguns constituintes, particularmente aqueles que são contribuintes pelo uso cíclico de água (METCALF & EDDY, 1991).

O esgoto contém pequenas concentrações de vários gases dissolvidos. Dentre eles, o mais importante é o oxigênio, presente em águas para abastecimento e também no esgoto, proveniente do ar que eventualmente entra em contato com a sua superfície em movimento. Este oxigênio dissolvido é um componente extremamente importante do esgoto. Além deste, o esgoto pode conter outros gases, tais como, dióxido de carbono, resultante da decomposição de matéria orgânica; nitrogênio dissolvido da atmosfera; de gás sulfídrico formado pela decomposição de componentes orgânicos, gás amoníaco e certas substâncias inorgânicas de enxofre. Estes gases, mesmo em pequenas quantidades, relacionam-se com a decomposição e tratamento dos componentes degradáveis do esgoto (HEALTH EDUCATION SERVICE, sd.).

#### **3.3.4 CARACTERÍSTICAS BIOLÓGICAS E BACTERIOLÓGICAS**

O esgoto contém números expressivos de organismos, que são a parte natural viva da matéria orgânica encontrada no esgoto e sua presença é de máxima importância pois é uma das razões do tratamento de esgotos e do sucesso de tal tratamento. A decomposição ou a deterioração de esgotos é dependente, sobretudo, das atividades desses organismos. Pode-se dizer que eles são parte dos "trabalhadores" que participam da operação de uma estação de tratamento de esgotos e o sucesso desta pode ser medido pelo conhecimento e estudo das suas preferências nos hábitos alimentares e comportamentais (HEALTH EDUCATION SERVICE, sd.).

O exame de despejos líquidos mostra a existência de muitos organismos microscópios e aqueles que podem ser vistos a olho nu. Os menores são vírus e bacteriófagos, seguidos pelas bactérias que podem ser identificadas por observação microscópica quanto a sua ação (comportamento) em vários meios de cultura. Os organismos maiores são

fungos, algas, protozoários, rotíferos, larvas de insetos, vermes, lesmas, etc. (NEGULESCU, 1985).

NEGULESCU (1985) afirma que o levantamento da presença de vários organismos no esgoto bruto e na estação de tratamento é muito importante no conhecimento de sua eficiência. A presença ou ausência de certos organismos pode indicar o progresso de um tratamento biológico na estação ou a autodepuração em rios.

As características bacteriológicas do esgoto fornecem inúmeras informações no controle de doenças infecciosas, e, desta forma, tais determinações nos esgotos e nas águas são muito importantes. O grupo coliforme de bactérias existente normalmente no intestino de animais de "sangue quente" tem particular valor e é importante ser determinado (NEGULESCU, 1985).

O grau e a natureza da decomposição bacteriana dos sólidos no esgoto dão origem a certos termos descritivos da condição do esgoto (HEALTH EDUCATION SERVICE, sd.).

O esgoto fresco é, como o nome indica, o primeiro estágio depois que resíduos sólidos foram adicionados à água, produzindo o esgoto. Contém oxigênio dissolvido e permanece fresco tanto tempo quanto existir a decomposição aeróbia. Tal esgoto é turvo com sólidos em suspensão ou flutuantes, cor acinzentada, e tem odor mofado não muito agradável (HEALTH EDUCATION SERVICE, sd.).

O esgoto séptico descreve o esgoto na qual o oxigênio dissolvido foi completamente esgotado, e então, a decomposição anaeróbia dos sólidos estabeleceu-se com a produção de sulfeto de hidrogênio e de outros gases. Tal esgoto é caracterizado pela cor escura, odor "podre" e desagradável e com sólidos escuros flutuantes e suspensos (HEALTH EDUCATION SERVICE, sd.).

O esgoto estável é aquele cujos sólidos foram decompostos a sólidos relativamente inertes que estão sujeitos a nenhuma decomposição adiante ou são somente decompostos vagarosamente. Oxigênio dissolvido está presente novamente por absorção da atmosfera, há pouco ou nenhum odor e são observadas apenas pequenas quantidades de sólidos suspensos (HEALTH EDUCATION SERVICE, sd.).

### **3.4 EXEMPLOS DE COMPOSIÇÃO TÍPICA DE ESGOTOS**

METCALF & EDDY (1991) apresentam a composição típica do esgoto doméstico em termos dos constituintes físicos, químicos e biológicos. Os autores classificam os esgotos em três grupos, de acordo com sua concentração : concentração forte, média e fraca, que são apresentadas na Tabela 3.1. Os constituintes e concentrações variam com as horas do dia, com os dias da semana, com os meses, e com as condições locais. Entretanto os dados desta tabela pretendem servir somente como um guia e não como uma base para projetos.

Na Tabela 3.2 são apresentados dados da composição típica de esgotos de alguns municípios do Estado de São Paulo. Nesta tabela pode-se observar que há dois valores de DQO muito altos quando comparados com os restantes : 2450 mg/l no esgoto de Rancharia-SP, e 874 mg/l, no esgoto de Valinhos-SP. Estes valores muito maiores são devidos provavelmente à presença de esgoto industrial misturado com o esgoto sanitário. A Tabela 3.3 apresenta os resultados de caracterização de esgotos de duas cidades do Brasil e duas cidades da Colômbia.

TABELA 3.1 - Composição Típica de esgoto sanitário

PARÂMETRO	Unidade	CONCENTRAÇÃO		
		FORTE	MÉDIO	FRACO
Sólidos Totais	mg/l	1200	720	350
Sól. Dissolvidos Totais	mg/l	850	500	250
Sól. Dissolvidos Fixos	mg/l	525	300	145
Sól. Dissolvidos Voláteis	mg/l	323	200	105
Sól. Suspensos	mg/l	350	220	100
Sól. Suspensos Fixos	mg/l	75	55	20
Sól. Suspensos Voláteis	mg/l	275	165	80
Sól. Sedimentáveis	ml/l	20	10	5
Demanda Bioquímica de Oxigênio - DBO <sub>5dias/20°C</sub>	mg/l	400	220	110
Carbono Orgânico Total	mg/l	290	160	80
Demanda Química de Oxigênio - DQO	mg/l	1000	500	250
Nitrogênio Total	mg/l	85	40	20
Nitrogênio Orgânico	mg/l	35	15	8
Nitrogênio Amoniacal	mg/l	50	25	12
Nitritos	mg/l	0	0	0
Nitratos	mg/l	0	0	0
Fósforo Total	mg/l	15	8	4
Fósforo Orgânico	mg/l	5	3	1
Fósforo Inorgânico	mg/l	10	5	3
Cloretos	mg/l	100	50	30
Sulfatos	mg/l	50	30	20
Alcalinidade em CaCO <sub>3</sub>	mg/l	200	100	50
Graxa	mg/l	150	100	50
Coliformes Totais	NMP/100ml	10 <sup>7</sup> a 10 <sup>9</sup>	10 <sup>7</sup> a 10 <sup>8</sup>	10 <sup>6</sup> a 10 <sup>7</sup>
Compostos Orgânicos Voláteis	µg/l	> 400	100 a 400	< 100

FONTE : METCALF & EDDY (1991), p.109.

TABELA 3.2 - Composição típica dos esgotos de alguns municípios do Estado de São Paulo - Brasil

Parâmetro	CONCENTRAÇÃO (mg/l)						
	Santa Fé do Sul	Rancharia	Valinhos	Itapira	S. J. dos Campos	Jacareí	Urânia
DBO <sub>5</sub>	254	1500	270	187	301	363	197
DQO	466	2450	874	419	423	654	304
Sól. Susp.	150	2850	419	165	190	297	124
Totais							
Sól. Susp.	115	2682	348	145	164	226	---
Voláteis							
Sól. Dissolv.	319	812	444	151	277	558	235
Totais							
Sól. Totais	469	3662	863	316	513	855	359
Nitrogênio (NTK)	40	---	---	---	50	62	---
Nitrogênio Orgânico	10	70,4	14,4	24	26,2	---	---
Nitrogênio Amoniacal	30	17,5	27,2	0,7	23,8	---	3,9
Fósforo Total	---	8	---	3	6,8	9,5	---
Alcalin. (CaCO <sub>3</sub> )	---	280	175	---	---	---	---
pH (unid.)	6,8 a 7,4	6,8	7,1	---	6,0 a 8,4	---	6,9

FORNE : TORRES (1992), p.18.

TABELA 3.3 - Composição típica dos esgotos de algumas cidades do Brasil e da Colômbia

Parâmetro	CONCENTRAÇÃO (mg/l)				
	BRASIL		COLÔMBIA		
	São Paulo	Florianópolis	Cali**	Cali**	Medellin
DBO <sub>5</sub>	128 a 151	357	190	130	202
DQO	265 a 316	627	405	285	397
S. Susp. Totais	123 a 170	376	190	160	215
S. Susp. Volat.	---	297	60	75	150
S. Dissolv. Tot.	---	---			249
S. Totais	---	872	---	---	464
Nitrogênio (NTK)	25	54	14	15	21
N. Orgânico	---	---	5	7	
N. Amoniacal	15	30	9	8	---
Fósforo Total	3,4	9,9	3	3	8
Alcal. (CaCO <sub>3</sub> )	---	198	120	120	---
pH (unid.)	---	6,2 a 7,6	7,0	7,2	---
AGV*	---	39			

\* AGV - Ácidos Graxos Voláteis (método do ácido acético).

\*\* No texto original, não são especificados detalhes de como os valores foram obtidos na cidade de Cali.

FONTE : TORRES (1992), p.19.

### 3.5 PARÂMETROS DE PROJETO - DBO per capita e SST per capita

A demanda bioquímica de oxigênio (DBO) é um dos indicadores mais utilizados na engenharia sanitária. A DBO, conforme mencionada anteriormente, representa indiretamente, a quantidade de matéria orgânica em águas residuárias, e é expressa geralmente em mg/l ou g/m<sup>3</sup>. A determinação da concentração de DBO refere-se às seguintes condições: 20°C e 5 dias de incubação (AFINI JÚNIOR, 1989).

As análises de laboratório mais comuns para definir as características orgânicas de esgotos sanitários são a DBO e os sólidos em suspensão. A DBO e a vazão, são básicas para o projeto das unidades de tratamento biológico, enquanto que a concentração de sólidos em suspensão fornece dados importantes adicionais para projeto (HAMMER, 1979).

O produto da concentração de DBO pela vazão média de um despejo dá a grandeza denominada carga de DBO, muito utilizada na engenharia sanitária, geralmente expressa em g/dia ou kg/dia (AFINI JÚNIOR, 1989).

Para uma localidade onde as características dos esgotos domésticos sejam conhecidas, tais como, a vazão (m<sup>3</sup>/dia) e a concentração de DBO (g/m<sup>3</sup>), determina-se a carga de DBO (g/dia) pelo produto destas grandezas. Se neste local conhece-se também a população contribuinte, pode-se obter o parâmetro denominado DBO per capita (g DBO/hab.dia), pela divisão da carga de DBO por esta população (AFINI JÚNIOR, 1989).

O conhecimento da DBO per capita é de grande interesse na engenharia sanitária e ambiental, pois é um importante parâmetro utilizado em projetos de sistemas de esgotos sanitários, e influi diretamente no dimensionamento destes sistemas, assumindo valores consagrados. O valor da DBO per capita é muitas vezes usado sem questionamentos e sem verificações dos valores locais de uma comunidade.

O valor da DBO per capita, geralmente adotado, de 54 g/hab.dia, foi proposto em livro clássico de Karl Imhoff, em 1925, "Taschenbuch der Stadtentwässerung", e se aplicava a cidades pequenas e médias, muitas delas até contando com certa influência rural. Como o livro de Karl Imhoff passou a ser conhecido e difundido no Brasil, o valor 54 g/hab.dia tornou-se clássico e adotado em vários livros e apostilas de engenharia sanitária (AFINI JÚNIOR, 1989).

Na grande maioria, os projetos de sistemas de tratamento de esgotos sanitários no Brasil têm utilizado, no cálculo das cargas de DBO, quer para tratamento de esgotos essencialmente residenciais, quer para o tratamento de esgotos sanitários de grandes cidades, este valor clássico de 54 g DBO/hab.dia (CAMPOS & SPERLING, 1995).

Alguns trabalhos de pesquisa sobre a avaliação da contribuição de DBO per capita foram realizados no Brasil. Resultados de alguns trabalhos são apresentados, resumidamente, a seguir.

O Instituto de Engenharia Sanitária - Superintendência de Urbanização e Saneamento realizou uma pesquisa, nos anos de 1961 e 1962, a respeito das características dos esgotos, e obtiveram os seguintes valores de DBO per capita na cidade do Rio de Janeiro-RJ: na zona Sul, 59 g/hab.dia e na zona Norte 54 g/hab.dia (AFINI JÚNIOR, 1989).

Nos anos de 1965 e 1966, a firma de consultoria Hazen & Sawyer realizou inúmeras investigações a respeito da DBO per capita, em São Paulo-SP. Foram escolhidas algumas bacias de esgotos na cidade e os resultados mais representativos foram os valores de 58; 60 e 63 g/hab.dia (AFINI JÚNIOR, 1989).

No distrito de Riacho Grande, município de São Bernardo do Campo-SP, a concentração de DBO, determinada por levantamento sanitário, realizado em 1968, foi de 388 mg/l e o valor de DBO per capita oscilou entre 47 e 58 g/hab.dia (AFINI JÚNIOR, 1989).

AFINI JÚNIOR (1989) concluindo sua pesquisa sobre DBO per capita na Área Metropolitana de São Paulo-SP e de Cubatão-SP, apresentou os seguintes valores em função das principais características das cidades: 45 g/hab.dia, para cidades pequenas (esgotos domésticos); 60 g/hab.dia, para cidades médias e grandes (esgotos sanitários) e 75 g/hab.dia, para cidades grandes com desenvolvimento expressivo.

Segundo VEIT (1973), a antiga Companhia Metropolitana de Saneamento de São Paulo (SANESP) implantou um sistema de amostragem de esgotos na cidade de São Paulo a fim de levantar dados da composição e características de esgotos, e o valor de DBO per capita obtido foi de 50 g/hab.dia.

Numa pesquisa realizada pela Companhia de Saneamento de Minas Gerais, COPASA-MG, com objetivo de caracterizar os parâmetros de projetos de sistemas de esgotos sanitários na região metropolitana de Belo Horizonte-MG e Contagem-MG, CARVALHO et al. (1993) concluíram que a concentração da DBO nos esgotos domésticos é maior em regiões de menor renda familiar, onde o consumo de água per capita é menor do que naquelas de maior renda, ou seja, a concentração de DBO é inversamente proporcional ao consumo de água, mesmo ocorrendo redução da carga per capita. Ficou claro naquele estudo que a produção de DBO por habitante depende do padrão sócio econômico da população em questão, e por isto, a DBO per capita não pode ser generalizada para todas as cidades brasileiras que possuem diferentes características populacionais.

O parâmetro Sólidos em Suspensão (SS) é também muito usado em estudos e pesquisas de engenharia sanitária e ambiental. O valor clássico que figura nos livros, segundo AFINI JÚNIOR (1989) é 90g/hab.dia.

CAMPOS & SPERLING (1995) afirmam que os valores de SS per capita encontrados na pesquisa de dados de esgotos na área urbana de Belo Horizonte-MG e Contagem-MG apresentam-se bem inferiores ao valor

de 60 g/hab.dia utilizado correntemente nos dimensionamentos de estações de tratamento, naquele Estado.

VEIT (1973), com base em determinações para os esgotos na cidade de São Paulo-SP, sugerir o valor médio de SS per capita de 40g/hab.dia.

Para CAMPOS & SPERLING (1995), é evidente a necessidade da adoção de valores de DBO e de SS per capita adequados à realidade de cada projeto de esgotos sanitários. "Nos projetos de estações de tratamento das grandes cidades, a adoção dos valores sugeridos pela literatura técnica (54 gDBO/hab.dia e 60 gSS/hab.dia) podem levar a distorções, como sobrecarga nos reatores biológicos e superdimensionamento dos adensadores, digestores e desidratação. Nas estações de pequeno e médio porte, que atendem áreas de ocupação predominantemente residencial, a adoção dos mesmos valores pode levar ao superdimensionamento de todas as unidades da estação, gerando sistemas mais caros e parcialmente ociosos" (CAMPOS & SPERLING, 1995).

Mostra-se com esta explanação, que a simples adoção de valores de DBO e de SS per capita para o projeto de sistemas de esgotos sanitários, sem nenhuma investigação local da carga orgânica de esgoto não é o procedimento mais adequado.

Torna-se evidente a necessidade de se pesquisar melhor sobre a comunidade atendida no que concerne à carga orgânica contribuinte (KAMIYAMA et al., 1988). Não basta apenas considerar a taxa de contribuição *per capita* tradicionalmente adotada, mas levar em consideração aquelas contribuições que somente poderão ser detectadas após um trabalho de levantamento das condições locais em questão, condições estas que podem ser levantadas e conseguidas a partir da caracterização de esgotos sanitários.

### 3.6 CARACTERÍSTICAS QUANTITATIVAS DOS ESGOTOS

De maneira geral, como visto na Figura 3.1, as vazões de esgotos variam durante o dia, de acordo com os usos e costumes de uma dada comunidade. A vazão média diária naturalmente também varia nos diferentes dias da semana, e nas diferentes estações do ano (METCALF & EDDY, 1991).

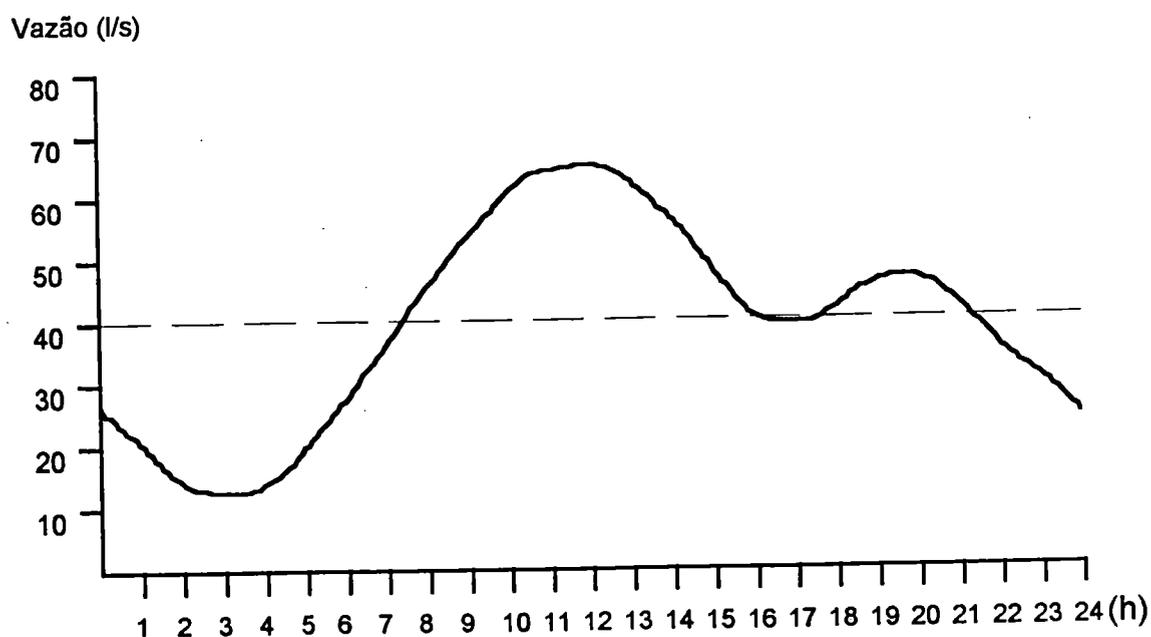


FIGURA 3.1 - Variação típica de vazão de esgotos sanitários.

Fonte: medições realizadas na cidade de Pinhal-SP, BRUNO & TSUTIYA (1983).

Para a determinação das vazões mediante suas medições, vários são os métodos e dispositivos que podem ser utilizados, cuja seleção depende de uma série de fatores, tais como: objetivos da medição; quantidade de esgotos a ser medida; variabilidade e regime de escoamento; acessibilidade ao local; recursos econômicos e tempo disponíveis.

Os esgotos sanitários são normalmente conduzidos em canalizações com escoamento por gravidade, e contém sólidos em

suspensão e flutuantes que não permitem geralmente o uso de medidores de vazão fechados.

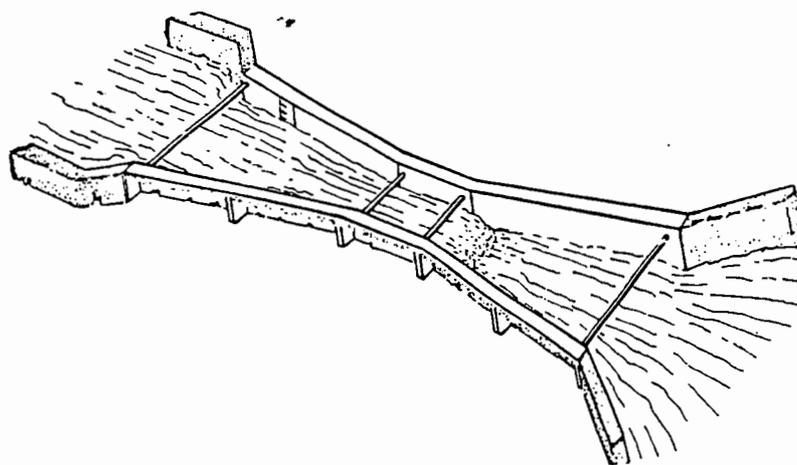
Assim, o método de medição de vazão de esgotos sanitários mais usualmente empregado que pode ser utilizado é o medidor Parshall. Consiste numa calha com formas e dimensões bem definidas e padronizadas, em que para obter-se a vazão, basta fazer leituras de altura da lâmina do líquido cuja vazão se quer medir. O medidor Parshall é mostrado na Figura 3.2.

Segundo HAMMER (1979), o medidor Parshall é o dispositivo mais comum para medição de vazões de esgotos. Um medidor Parshall consiste numa seção convergente (entrada), seguida de uma seção estrangulada, a garganta, que possui uma queda ao longo do escoamento de esgoto, e uma seção divergente (saída).

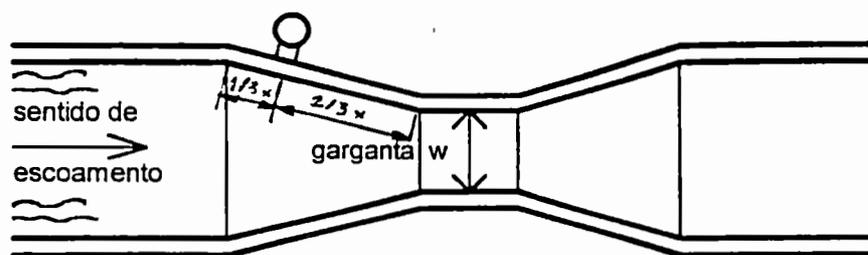
A avaliação de vazão é feita medindo-se o nível de esgoto num único ponto localizado no trecho convergente, se o escoamento for livre na saída. Um poço lateral é normalmente executado para medir este nível de profundidade do esgoto (AZEVEDO NETO, 1973).

Os medidores Parshall são especificados, nominalmente, pela largura da garganta ( $w$ ), e, em função desta, as demais dimensões do medidor são padronizadas.

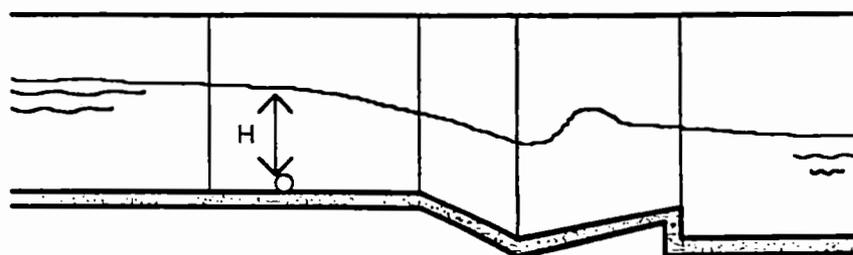
A seleção da dimensão do medidor Parshall é função da amplitude de valores de vazão que se pode medir e envolve outras considerações, como a largura do canal existente, profundidade de esgoto nesse canal, perda de carga admissível, etc. (AZEVEDO NETO, 1973).



VISTA



PLANTA



CORTE

FIGURA 3.2 - Esquema típico de um Medidor Parshall.

FONTE: AZEVEDO NETO (1973), p.492.

Os medidores Parshall podem ser fornecidos pré fabricados, geralmente em fibra de vidro.

As principais vantagens desse medidor são: perda de carga reduzida, facilidade de instalação, baixo custo, simplicidade na medição de vazão e capacidade de autolimpeza (AZEVEDO NETO, 1973).

Existem também outros tipos de medidores de vazão, eficientes e de fácil instalação e leitura, que não serão citados, pois não se inclui essa abordagem no escopo do presente trabalho.

Geralmente, não se fazem medições efetivas da vazão de esgotos para dimensionamento de sistemas de esgotos sanitários. Alguns projetistas recorrem então a fórmulas e a valores padronizados para a determinação das vazões de esgotos.

Essas fórmulas são comumente utilizadas para estimativas de vazão para projeto, porém, para CAMPOS (1994) é importante, sempre que possível, que todos os parâmetros inclusos nas mesmas sejam medidos ou determinados "in loco" para que não se incorra em erros grosseiros de projetos.

### 3.7 PARÂMETROS DE PROJETO - VAZÃO

De maneira geral, a quantidade de esgotos sanitários, ou vazão média de esgotos, que tem acesso a um sistema de esgotos pode ser calculada a partir da soma das seguintes parcelas contribuintes: vazão de esgoto doméstico, vazão de infiltração e vazão de despejos líquidos industriais.

$$Q_{\text{esgoto sanitário}} = Q_{\text{esgoto doméstico}} + Q_{\text{infiltração}} + Q_{\text{indústrias}} \quad (3.1)$$

A vazão de infiltração é obtida pelo produto da Taxa de Infiltração, INF (l/s.km) pela extensão da rede coletora de esgotos, L (km).

$$Q_{\text{infiltração}} = \text{INF} \times L \quad (3.2)$$

A quantidade média de esgotos domésticos produzida por uma população é dada pela expressão seguinte, e depende essencialmente dos fatores: população da área de projeto; consumo médio diário de água per capita (q); e o coeficiente de retorno (C), que é a relação entre a vazão de esgotos que tem acesso ao sistema coletor e a vazão de água distribuída à população.

$$Q_{\text{média de esgoto doméstico}} = \frac{C \cdot \text{População} \cdot q}{86400} \quad (3.3)$$

A vazão de esgotos varia durante as horas do dia, com os dias, meses e estações do ano, dependendo de diversos fatores, dentre outros, o clima, padrão de vida, hábitos de população, e usos de água (CASTRO et al., 1991). Os coeficientes de variação de vazão, que alteram a vazão média de esgoto domésticos são os seguintes:

$K_1$  : coeficiente de máxima vazão diária;

$K_2$  : coeficiente de máxima vazão horária;

$K_3$  : coeficiente de mínima vazão horária;

Assim, a vazão máxima diária, ou vazão no dia de maior consumo pode ser estimada por: (CAMPOS, 1994)

$$Q_{\text{máxima diária}} = \frac{C \cdot K_1 \cdot \text{POP} \cdot q}{86400} + L \cdot \text{INF} + Q_{\text{indust. média}} \quad (3.4)$$

A vazão máxima horária, ou vazão na hora de maior consumo: (CAMPOS, 1994)

$$Q_{\text{máxima horária}} = \frac{C \cdot K_1 \cdot K_2 \cdot \text{POP} \cdot q}{86400} + L \cdot \text{INF} + Q_{\text{indust. máxima}} \quad (3.5)$$

E a vazão mínima de esgoto sanitário por: (CAMPOS, 1994)

$$Q_{\text{mínima}} = \frac{C \cdot \text{POP} \cdot q \cdot K_3}{86400} + L \cdot \text{INF} + Q_{\text{indust. mínima}} \quad (3.6)$$

Os coeficientes  $C$ ,  $q$ ,  $K_1$ ,  $K_2$ ,  $K_3$ , e  $\text{INF}$  são os parâmetros utilizados em projetos de sistemas de esgotos sanitários, e seus valores são comentados separadamente. Algumas pesquisas, descritas também a seguir, com medições efetivas de vazões de esgotos foram realizadas em cidades do Brasil, a fim de se avaliar os valores dos parâmetros citados, comparando-os com os recomendados pela normalização vigente.

### 3.7.1 COEFICIENTE DE RETORNO (C)

O coeficiente de retorno é a relação entre o volume de esgotos recebido na rede coletora de esgotos e o volume de água efetivamente fornecido à população. Do total de água consumida, somente uma parcela é dirigida ao esgoto, sendo que o restante é utilizado para lavagem de veículos, lavagem de quintais e terraços de residências, lavagem de calçadas e ruas, irrigação de jardins e parques públicos, irrigação de hortas, etc. (SOBRINHO & TSUTIYA, sd.).

Assim, esta relação entre os volumes depende de fatores locais como, o tipo e o padrão da zona residencial, as condições do arruamento, o clima, etc. (COMPARINI & SOBRINHO, 1992).

Segundo COMPARINI & SOBRINHO (1992), pesquisa domiciliar realizada na cidade de Pedranópolis-SP confirmou a expectativa de que

diversos fatores, atuando simultaneamente, contribuem para a redução do valor do coeficiente de retorno. No caso, os fatores principais foram: existência de grande quantidade de pequenas hortas e pequenos jardins com irrigação freqüente; existência de quantidade significativa de banheiros, cozinhas e tanques de lavagem de roupas não ligados à rede coletora de esgotos; lavagem freqüente de veículos nas próprias residências; lavagem freqüente de calçadas e terraços; existência de consumidor significativo pelo pequeno porte da cidade, com uso de água que não gera esgoto, no caso a praça pública.

De modo geral, o coeficiente de retorno situa-se na faixa de 0,6 a 0,9, dependendo das condições locais. Em áreas residenciais com muitos jardins, os valores são menores, enquanto que nas áreas centrais densamente povoadas os valores tendem a ser mais elevados (SOBRINHO & TSUTIYA, sd.).

A NBR-9649 da ABNT recomenda o valor de 0,8 para o coeficiente de retorno, na falta de valores obtidos em campo.

COMPARINI & SOBRINHO (1992) realizaram diversas campanhas de medição de esgotos sanitários em cidades de pequeno porte do interior do Estado de São Paulo, e obtiveram as seguintes faixas de valores do coeficiente de retorno:

- considerando a ocorrência de infiltração -  $C = 0,42$  a  $0,73$
- considerando a inexistência de infiltração -  $C = 0,33$  a  $0,67$

Os valores encontrados foram sempre inferiores ao recomendado na normalização brasileira.

ALMEIDA NETO et al. (1989) a partir de campanhas de medições de esgotos efetuadas em comunidades de pequeno porte no interior do Estado de São Paulo, obtiveram os seguintes valores de coeficiente de retorno:

- considerando-se a infiltração na rede coletora -  $C = 0,36$  a  $1,05$
- descontando-se a infiltração na rede coletora -  $C = 0,35$  a  $0,68$ .

Os autores concluíram que os valores dos coeficientes de retorno (C) encontrados são inferiores ao valor 0,80, recomendado pela norma técnica NBR 9649/86, para estimativas de vazão no dimensionamento de sistemas de esgotos sanitários.

### 3.7.2 COEFICIENTE DE CONTRIBUIÇÃO DE ESGOTO PER CAPITA ( $q_e$ )

A contribuição de esgotos depende normalmente do abastecimento de água, havendo, portanto, nítida correlação entre o consumo de água e a contribuição para a rede de esgotos (SOBRINHO & TSUTIYA, sd.).

Tradicionalmente no Brasil adota-se o consumo per capita de água (q) usado em sistemas de abastecimento de água como base para se projetar os sistema de esgotos. Convém lembrar que no dimensionamento do sistema de esgotos é utilizado o consumo de água efetivo per capita, não incluindo as perdas de água (SOBRINHO & TSUTIYA, sd.).

Os valores geralmente adotados para o coeficiente de consumo de água per capita estão entre 150 e 350 l/pessoa.dia (CAMPOS, 1994).

A contribuição per capita de esgoto é o consumo efetivo per capita de água multiplicado pelo coeficiente de retorno (SOBRINHO & TSUTIYA, sd.).

$$q_e = C \cdot q \quad (3.7)$$

Medições realizadas por BRUNO & TSUTIYA (1983) em sistemas de esgotos operados pela SABESP em cidades do interior do Estado de São Paulo mostram, para a contribuição per capita de esgotos, os seguintes valores: na cidade de Cardoso, 90 l/hab.dia; em Fernandópolis, 149 l/hab.dia; em Lucélia, 103 l/hab.dia; e em Pinhal, 161 l/hab.dia.

COMPARINI & SOBRINHO (1992) realizaram diversas campanhas de medição de esgotos sanitários em cidades de pequeno porte do interior do Estado de São Paulo, e os valores obtidos das vazões de esgoto per capita são inferiores aos normalmente recomendados por diversos autores, conseqüência dos baixos consumos de água em cidades de pequeno porte com as características indicadas e, dos baixos coeficientes de retorno. As faixas obtidas de valores de contribuição de esgoto per capita foram:

- considerando a ocorrência de infiltração -  $q_e = 59$  a  $103$  l/hab.dia
- considerando a inexistência de infiltração -  $q_e = 74$  a  $110$  l/hab.dia

### 3.7.3 COEFICIENTES DE VARIAÇÃO DE VAZÃO ( $K_1$ , $K_2$ , E $K_3$ )

O coeficiente de máxima vazão diária ( $K_1$ ) é a relação entre o maior consumo diário verificado no ano e a vazão média do período. O coeficiente de máxima vazão horária ( $K_2$ ) é a relação entre a vazão máxima e a média horária observada num mesmo dia. E o coeficiente de mínima vazão horária ( $K_3$ ) é a relação entre a vazão mínima horária e a vazão média em cada período de medição.

No Brasil, pela pouca disponibilidade de dados obtidos em pesquisas por medições, a NBR-9649 da ABNT recomenda o uso de  $K_1 = 1,2$ ,  $K_2 = 1,5$  e  $K_3 = 0,5$ . Esses valores são admitidos constantes ao longo do tempo, qualquer que seja a população existente na área.

Em pesquisas efetuadas por BRUNO & TSUTIYA (1983) nos sistemas de esgotos das cidades de Cardoso, Fernandópolis, Lucélia e Pinhal, do Estado de São Paulo, obteve-se o valor de  $K_2$  variando de 1,43 a 2,27 e  $K_3$  de 0,07 a 0,27. Observou-se nessas pesquisas que o valor de  $K_2$  tende a ser maior em bacias pequenas com declividades elevadas, enquanto que, em grandes bacias com declividades pequenas e conseqüentemente grandes coletores, o valor de  $K_2$  tende a ser menor,

devido, principalmente, ao efeito do amortecimento das vazões ao longo do coletor.

No trabalho realizado, por COMPARINI & SOBRINHO (1992) na medição de esgotos sanitários em cidades de pequeno porte do interior do Estado de São Paulo, os valores dos coeficientes de variação de vazão obtidos situaram-se nas seguintes faixas:  $K_1$  de 1,15 a 1,53;  $K_2$  de 1,45 a 2,25;  $K_3$  de 0,03 a 0,21.

Os resultados encontrados para os coeficientes  $K_1$  e  $K_2$  situaram-se na maioria dos casos acima dos valores recomendados na normalização brasileira e utilizados em projetos, iguais a 1,2 e 1,5, respectivamente. Já os valores do coeficiente de vazão mínima horária  $K_3$  situaram-se sempre abaixo do valor recomendado, igual a 0,5 (COMPARINI & SOBRINHO, 1992).

Nas pequenas comunidades como as pesquisadas, os hábitos mais constantes da população e a simultaneidade de uso dos aparelhos internos às residências, que têm vazão muito superior a média de cada uma, além da existência de porcentagem significativa de residências sem reservatório domiciliar, fazem com que as variações horárias sejam superiores às de cidades maiores (COMPARINI & SOBRINHO, 1992).

Em trabalho planejado e executado pela Companhia de Saneamento de Minas Gerais, COPASA-MG, destinado ao melhor conhecimento das características relacionadas com a vazão de esgotos em Belo Horizonte-MG e Contagem-MG, CASTRO et al. (1991) apresentam valores de  $K_1$  na faixa de 1,16 a 1,49 e de  $K_2$  na faixa de 1,61 a 2,52. A avaliação das variações das vazões ao longo do período de análise mostrou um comportamento condizente com o descrito na bibliografia especializada.

## 3.8 INFILTRAÇÃO

### 3.8.1 CONSIDERAÇÕES GERAIS

Devido à sua importância e pelo fato de ser um dos objetivos desta dissertação, efetuou-se um levantamento detalhado dos assuntos relacionados com a infiltração que ocorre na rede coletora e sobre as contribuições indevidas de águas pluviais nos sistemas de esgotos sanitários. Inicialmente discorre-se sobre as águas de infiltração e posteriormente, sobre as águas pluviais.

A infiltração de águas subterrâneas nos sistemas de esgotamento ocorre quando estes estão assentados abaixo do nível do aquífero freático, principalmente quando tal nível é alto naturalmente ou devido às excessivas chuvas sazonais (HEALTH EDUCATION SERVICE, sd.).

As águas de infiltração são águas subterrâneas originárias do subsolo que penetram indesejavelmente nas canalizações da rede coletora de esgotos por diversos meios: pelas paredes das tubulações, pelas juntas mal executadas, pelas tubulações defeituosas, pelas estruturas dos poços de visita e das estações elevatórias, etc.

O escoamento em sistemas de coletores de esgotos geralmente não ocorre sob pressão e o fluxo dentro desses coletores é por gravidade, e portanto, tal infiltração não é somente possível como também as vezes considerável (HEALTH EDUCATION SERVICE, sd.). Este fato é comprovado, considerando-se que a maior parte das canalizações funciona parcialmente cheia.

A quantidade de infiltração contribuinte ao sistema de esgotos, depende da qualidade e do tipo de construção das tubulações e das juntas: tipos de materiais empregados, estado de conservação, condições de assentamento destas tubulações e juntas, e também das características relativas ao meio: nível de água do aquífero freático, clima, composição do solo, permeabilidade, vegetação, etc.

Com relação ao tipo de materiais empregados, AZEVEDO NETTO (1979) descreve que as especificações brasileiras limitam a permeabilidade dos tubos e com isso procuram restringir a transudação, ou seja, a penetração de água através das paredes das tubulações. A infiltração através de paredes de poços de visita tem sido atenuada em novos tipos e projetos (estruturas de concreto) e, no caso tradicional de poços de alvenaria de tijolos por revestimentos impermeabilizantes externos e internos.

As juntas de tubulações de má qualidade ou de má execução são responsáveis por permitir infiltrações consideráveis, conforme tem-se comprovado. Segundo AZEVEDO NETTO (1979), a adoção de juntas de cimento e areia conduz a maus resultados. Já as juntas de asfalto, quando bem executadas, são completamente estanques, segundo o relatório técnico de testes de estanqueidade realizado pela CETESB (Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental) (BRUNO & TSUTIYA, 1983).

Para HAMMER (1979), com o desenvolvimento de melhores materiais para juntas e controle mais rígido dos métodos de construção, menores vazões de infiltração estão sendo observadas.

Sabe-se que nos sistemas de esgotos a extensão integrada dos coletores prediais é, em muitos casos, maior do que a extensão total da rede de esgotos. Sabe-se também que na maioria das vezes a execução dos coletores prediais não é tão cuidadosa como a construção da rede pública. Além disso as ligações entre os coletores prediais e os coletores públicos tem sido, com freqüência, ponto fraco das instalações. Admite-se, por isso, que grande parte das infiltrações se realiza através das ligações de esgotos e dos coletores prediais (AZEVEDO NETTO, 1979).

Com relação às características do meio em que a rede coletora de esgotos se encontra, AZEVEDO NETTO (1979) cita que, nas regiões altas, com aquífero freático mais profundo em solos argilosos, a infiltração tende a ser menor. Em contraposição, nas áreas litorâneas com aquífero a

pequena profundidade e terrenos arenosos, as condições são mais propícias à infiltração e as vazões de infiltração são relativamente constantes durante o período em que o nível do aquífero subterrâneo é alto (HAMMER, 1979).

Sob algumas circunstâncias, também pode-se observar fenômeno antagônico à infiltração. É possível suceder, em alguns locais do sistema de esgotamento, escoamento inverso da infiltração, ou seja, o vazamento de esgoto para fora das tubulações. O esgoto pode fluir para o subsolo através de fraturas e defeitos das tubulações, de juntas mal executadas, de assentamentos imperfeitos, etc., podendo atingir também as águas subterrâneas, ocasionando sérias conseqüências. A quantidade de esgoto que vaza das tubulações do sistema de esgotamento é difícil de ser mensurada e estimada, entretanto tal evento não deve ser deixado de ser ponderado.

Após esta exposição sobre a infiltração, discorrer-se-á sobre outros tipos de contribuições incontroláveis que são encaminhadas acidentalmente ou clandestinamente na rede coletora de esgotos, como as águas pluviais.

### **3.8.2 ÁGUAS PLUVIAIS**

As águas pluviais consistem de chuvas e tempestades que descarregam grandes quantidades de água sobre o solo. Parte destas águas é drenada e outra escoia sob a superfície, carreando areia, terra, folhas, e outros detritos que podem estar sobre as superfícies (HEALTH EDUCATION SERVICE, sd.).

As águas pluviais são coletadas de telhados, pátios, quintais, porões e outras áreas, compreendendo também as águas não poluídas de sistemas de refrigeração, as águas de piscinas, as águas de drenagem das fundações, as águas que penetram pelas tampas dos poços de visita, etc.

A rigor as águas pluviais e as outras contribuições citadas anteriormente não deveriam chegar à rede coletora de esgotos já que no Brasil o sistema adotado é o separador absoluto, o qual considera que as águas pluviais são coletadas em sistemas de drenagem separados (sistema de águas pluviais), sem ligações de esgotos domésticos ou industriais. As águas pluviais são conduzidas por esses sistemas ao curso d'água mais próximo, onde são lançadas sem tratamento (HAMMER, 1979).

A vazão de águas pluviais varia com a intensidade das chuvas, topografia, pavimentação e das áreas cobertas (telhados). Águas pluviais de áreas cobertas são de particular importância, com respeito ao volume de esgoto a ser tratado, quando estão conectados geralmente de forma ilegal a coletores de esgotos das quais são supostamente excluídos (HEALTH EDUCATION SERVICE, sd.).

HAMMER (1979) descreve que em comparação com as tubulações de águas pluviais, as de esgotos sanitários são pequenas, dimensionadas apenas para receber os esgotos domésticos e industriais, além de uma parcela razoável de infiltração.

Porém, em ocasiões de chuvas, as águas pluviais encontram caminho para a rede coletora de esgotos por meio de: ligações de canalizações pluviais prediais à rede de esgotos (ligações clandestinas); ligações irregulares de galerias de águas pluviais à rede de esgotos; tampões de poços de visita; ligações abandonadas; ou defeitos das instalações (AZEVEDO NETTO, 1979).

As ligações de canalizações pluviais prediais às redes de esgotos ocorrem, com alguma frequência, em imóveis residenciais por iniciativa inescrupulosa de construtores, encanadores ou curiosos, sobretudo quando estas ligações trazem maiores facilidades ou maior economia para as suas empreitadas (AZEVEDO NETTO, 1979).

Para HAMMER (1979), os coletores de esgotos geralmente oferecem uma opção mais conveniente para lançamentos clandestinos de

águas pluviais, devido à sua maior profundidade e locação mais cômoda pelo usuário transgressor. Este problema pode ser controlado, estabelecendo-se controle rígido que exclua as águas pluviais e superficiais dos coletores de esgoto sanitário.

Em Brasília-DF, a CAESB (Companhia de Água e Esgotos de Brasília), no ano de 1983, iniciou trabalho sistemático de pesquisa de ligações clandestinas de águas pluviais na rede de esgotos, que apontou para percentual da ordem de 15% de ligações irregulares, em média. Entretanto acredita-se que este percentual possa ser superior em áreas com grande densidade de residências, conforme apontaram estudos já realizados e informações da área de manutenção de redes (ITONAGA et al., 1994).

Para o controle dessas águas pluviais no sistema coletor de esgotos, deve ser realizada fiscalização efetiva e vigilância constantes, sem o que, o sistema separador absoluto adotado perde a razão de sua existência (BRUNO E TSUTIYA, 1983).

Na falta de fiscalização ou de controle, AZEVEDO NETTO (1979) afirma que podem ser esperadas maiores contribuições indevidas decorrentes do abuso não cerceado ou punido. O problema está em se admitir um nível aceitável de intromissão de águas pluviais e de se tomar providências para que esse nível não seja ultrapassado.

A entrada de águas pluviais na rede coletora de esgotos resulta em súbito aumento de vazão, durante curto espaço de tempo (HAMMER, 1979).

AZEVEDO NETTO (1979) comenta que em São Paulo-SP, onde foram feitas determinações na Estação de Tratamento de Esgotos de Ipiranga e em bairros dos Jardins, os resultados obtidos mostraram acréscimos de vazão da ordem de 30% sobre os valores máximos em tempo seco. Em 1973, estudos feitos pela antiga Companhia Metropolitana de Saneamento de São Paulo (SANESP) na região metropolitana de São

Paulo-SP abrangendo cinco sub-bacias apresentaram resultados que atingiram de 20 a 30% de acréscimo percentual sobre a vazão máxima em tempo seco.

HAMMER (1979) mostra que tanto a infiltração quanto as contribuições de águas pluviais em excesso podem criar diversos problemas sérios, incluindo sobrecarga dos coletores com refluxo dos esgotos sanitários no subsolo, extravasamento para a rua, sobrecarga das estações de tratamento e extravasamento nas elevatórias e estações de tratamento.

Uma grande quantidade de água de infiltração aumenta a vazão global e o nível de diluição de contaminantes, reduzindo as concentrações do esgoto. Além do fato que maior cuidado para o tratamento é requerido, a admissão de grandes quantidades dessas águas no sistema de tratamento de esgotos tem outras conseqüências indesejáveis, como a redução na eficiência dos tanques de sedimentação ou, em casos mais críticos, na dificuldade de iniciação e descontinuidade do processo biológico (PUJOL & LIENARD, 1990).

BRUNO & TSUTIYA (1983) citam que embora a rede sempre sofra a ação destas duas contribuições (infiltração e águas pluviais), a antiga PNB 567/75 recomenda que apenas seja considerada a infiltração na elaboração dos projetos hidráulicos sanitários dos sistemas de coleta e afastamento, tendo em vista que o sistema adotado no Brasil é o do separador absoluto.

Quanto às contribuições de águas pluviais, estas devem ser consideradas para o dimensionamento dos extravasores em grandes interceptores de esgoto e em estações de tratamento de esgotos para impedir que a vazão que tem acesso às instalações supere aquela correspondente à vazão de projeto. A rigor, esses volumes de pico deveriam ser desviados para tanques de equalização e submetidos a tratamento (CAMPOS, 1994).

Geralmente não há a preocupação em se verificar os valores reais de infiltração que ocorrem na rede coletora de esgotos de uma cidade, e assim, adotam-se valores muito elevados e muito diferentes dos que realmente ocorrem, levando o projetista a tomar decisões questionáveis.

### 3.8.3 TAXA DE INFILTRAÇÃO (INF)

A vazão de infiltração quase sempre é um valor bastante significativo no cálculo das vazões de projeto e pode ser calculado partindo da taxa de infiltração (INF). Esta taxa é um importante parâmetro utilizado em projetos de sistemas de esgotos, definida pela razão da vazão infiltrada por metro linear da rede coletora de esgotos.

A NBR 9649 recomenda a utilização de 0,05 a 1,0 l/s.km como taxa de infiltração para as redes coletoras de esgotos.

A maioria dos sanitaristas considera os valores da taxa de infiltração, normalmente empregados, muito elevados para os coletores executados acima do nível do aquífero freático. A redução nesse coeficiente ocasionará a diminuição dos diâmetros das redes, dos coletores tronco, dos interceptores e dos emissários, na redução do porte das elevatórias e das estações de tratamento, com conseqüente diminuição do custo das obras e de operação do sistema (BRUNO E TSUTIYA, 1983).

Os valores da taxa de infiltração, que são determinados por medições efetivas em redes coletoras de esgotos, apresentam-se cada vez menores, fato que se observou também em pesquisas experimentais realizadas em algumas cidades do Estado de São Paulo, cujos resultados e conclusões são descritas a seguir.

Em trabalho realizado em cidades do interior do Estado de São Paulo, BRUNO & TSUTIYA (1983) concluíram que a taxa máxima de infiltração recomendada pela norma (1,0 l/s.km) é relativamente alta, pois os dados obtidos resultaram em valores bem inferiores. Os resultados desta

pesquisa para as cidades estudadas são: Cardoso: 0,025 l/s.km; Fernandópolis: 0,159 l/s.km; Lucélia: 0,017 l/s.km; e Pinhal: 0,125 l/s.km

Com base naquele trabalho, BRUNO & TSUTIYA (1983) propõem os seguintes valores da taxa de infiltração: para os coletores situados acima do aquífero freático : 0,02 l/s.km e para os coletores situados abaixo do aquífero freático : 0,10 l/s.km.

Na avaliação de alguns parâmetros de projeto de sistemas de esgotos sanitários, trabalho de pesquisa realizado em cidades de pequeno porte do interior do Estado de São Paulo, COMPARINI & SOBRINHO (1992) obtiveram valores da taxa de infiltração na faixa de 0,021 a 0,038 l/s.km. Todos os coletores das cidades estudadas situam-se acima do nível do aquífero freático, e têm pouco tempo de utilização, com idade máxima de cerca de 20 anos, pequenos diâmetros, baixas profundidades, com trechos significativos com juntas em argamassa de cimento e areia, porém, na maior parte da rede, as juntas eram executadas com asfalto.

Assim, COMPARINI & SOBRINHO (1992) concluem que para cidades de pequeno porte e portanto, com pequenas extensões de coletores, sem previsão de grandes ampliações no período de projeto, com redes situadas acima do aquífero freático, recomenda-se a utilização do valor mínimo sugerido pela NBR 9649, de 0,05 l/s.km.

No trabalho realizado por ALMEIDA NETTO et al. (1989) em cidades localizadas na região Noroeste do Estado de São Paulo, os valores encontrados também são pequenos: para Mira Estrela, o valor obtido foi de 0,01 l/s.km; para Poloni, 0,02 l/s.km e para Onda Verde, 0,02 l/s.km.

VEIT (1973), juntamente com equipe da antiga Companhia Metropolitana de Saneamento de São Paulo (SANESP), efetuaram estudos e pesquisas para determinar os coeficientes característicos do sistema de esgotos da grande São Paulo, a partir da medição da vazão de esgotos em diversas bacias da cidade. Verificou-se que para todas as bacias estudadas, a infiltração na rede de esgotos foi sempre menor ou igual a 0,3 l/s.km.

Finalmente, observa-se pelos estudos citados, a ocorrência de parcela de infiltração relativamente pequena no sistema coletor de esgotos. Associadas a este fato, estão as características do sistema de coleta de esgotos, tais como: qualidade das tubulações e das juntas empregadas, condições de assentamento e execução das obras, estado de conservação, e as características do subsolo, informações importantes que influenciam no grau de infiltração no sistema de coleta de esgotos.

Do que foi exposto, conclui-se que os valores dos parâmetros citados anteriormente e que são usualmente adotados para o dimensionamento de projetos de sistemas de esgotos sanitários, nem sempre são condizentes com as condições reais e as características dos esgotos em vigor. É importante, sempre que possível, que todos os parâmetros e características dos esgotos sejam medidos ou determinados mediante o levantamento efetivo das condições e de dados de esgotos no locais em estudo.

Este levantamento só é possível mediante importantes etapas iniciais de coleta de amostras e de suas análises laboratoriais. É a partir destas etapas que se inicia a caracterização de esgotos e especificam-se apropriadamente as informações sobre a composição e comportamento dos esgotos sanitários. As considerações a respeito da etapa de coleta de amostras são apresentadas exclusivamente no capítulo seguinte.

## CAPÍTULO 4

### COLETA DE AMOSTRAS

#### 4.1 CONSIDERAÇÕES INICIAIS

Antes de se discorrer sobre a coleta de amostras, ou amostragem, é interessante definir-se o conceito de amostra e compreender o objetivo de sua coleta. Segundo o AMERICAN PUBLIC HEALTH ASSOCIATION (1995), a amostra é uma porção de material, com volume pequeno o suficiente para ser convenientemente transportado, enquanto ainda representa, de forma consistente, a síntese das características e do comportamento do meio que está sendo estudado. Para a COMPANHIA DE TECNOLOGIA E SANEAMENTO AMBIENTAL do Estado de São Paulo (CETESB, 1987), o objetivo da coleta de amostras e das suas análises realizadas posteriormente, não é somente a obtenção de informações sobre as amostras coletadas em si, geralmente constituídas de pequenas frações, mas sim, a caracterização espacial e temporal de todo o meio amostrado.

Um antigo axioma diz que o resultado de qualquer ensaio ou análise não pode ser melhor e mais idôneo que a coleta de amostra precedente (PERA, 1965 e AMERICAN PUBLIC HEALTH ASSOCIATION, 1995).

Este axioma alerta para a grande importância que se deve dar ao procedimento inicial de coleta de amostras, com o estabelecimento do plano de amostragem, pois dele dependem várias etapas subsequentes, tais

como, análises laboratoriais, interpretação dos resultados, conclusões conseqüentes e tomada de decisões.

Diversas precauções e recomendações devem ser tomadas no momento da coleta e das análises para que pequenos descuidos não venham invalidar todos os trabalhos que se seguem, e até por em risco um projeto desenvolvido posteriormente com base nesses trabalhos (PERA, 1965).

Os projetos de sistemas de tratamento e disposição de esgotos sanitários dependem da caracterização qualitativa e quantitativa dos esgotos, e a eficiência na sua caracterização está intimamente relacionada com o programa de amostragem planejado. Todas as decisões com relação ao projeto se apoiam nesta fase. Os resultados das análises das amostras coletadas serão tão melhores quanto mais representativas sejam as amostras, que são obtidas por meio de técnicas e procedimentos adequados, usados em caracterização de esgotos sanitários. (METCALF & EDDY, 1991 e BRAILE et al., 1993)

Estes procedimentos e técnicas para coleta e análises de amostras de esgotos sanitários devem ser previamente planejados de acordo com os interesses e com os objetivos do trabalho, para então proporcionar a melhor determinação das características de esgotos sanitários.

#### **4.2 PLANEJAMENTO DO PROGRAMA DE AMOSTRAGEM**

Uma percepção falha, que lamentavelmente ainda ocorre, é o fato de considerar a coleta de amostras como uma atividade simples, que não exige critério rigoroso ou conhecimento. Os procedimentos para coletas de amostras não se restringem simplesmente em ir buscar um recipiente com uma amostra de água a ser caracterizada. Trata-se de atividades a serem bem planejadas e programadas, uma vez que as observações e os trabalhos de campo pesam bastante na interpretação dos resultados analíticos (CETESB, 1987).

Segundo a CETESB (1987), os procedimentos para coleta de amostras devem ser cuidadosamente planejados mediante programa de amostragem que compreende várias etapas, conforme apresentado no fluxograma da Figura 4.1: definição clara dos objetivos; seleção dos parâmetros e locais de amostragem; seleção do número, frequência e duração das coletas de amostras; escolha dos métodos para análises laboratoriais mais adequados; determinação das técnicas de coleta e preservação de amostras; e reavaliação do método e interpretação dos dados obtidos.

Os responsáveis pela programação e execução dos trabalhos de coleta de amostras devem estar totalmente familiarizados com os objetivos, métodos e limitações dos programas de caracterização das águas (CETESB, 1987).

As etapas de coleta e análise laboratoriais de amostras de esgotos envolvem custos, muitas vezes significativos. É na coleta de amostras que se iniciam as grandes aplicações de recursos humanos e financeiros, tais como, aquisição de instrumentos e tecnologia para a coleta de amostras, realização de análises laboratoriais, emprego de mão de obra especializada, transporte das amostras, etc. (CETESB, 1987).

Por isto, a CETESB (1987) observa que sempre se deve ter em mente que, à medida que se exijam informações mais detalhadas, implicando em aumento do número de parâmetros de avaliação, número de amostras, frequência de coletas, ou utilização de tecnologia mais avançada, o tempo e os custos envolvidos se elevam sensivelmente.

Os responsáveis por uma programação de amostragem deve ter o total conhecimento e a plena consciência das limitações financeiras e dos recursos humanos para assim, ponderar sobre os custos e os benefícios do programa de amostragem.

Os recursos humanos e financeiros para cobrir os trabalhos de campo, as análises laboratoriais, e as de interpretação de dados devem ser adequados aos recursos disponíveis para justificar o programa de amostra-

gem. É interessante preparar um cronograma de desenvolvimento dos trabalhos, considerando todas as atividades envolvidas, para alocação dos recursos dentro do programa de amostragem (CETESB, 1987).

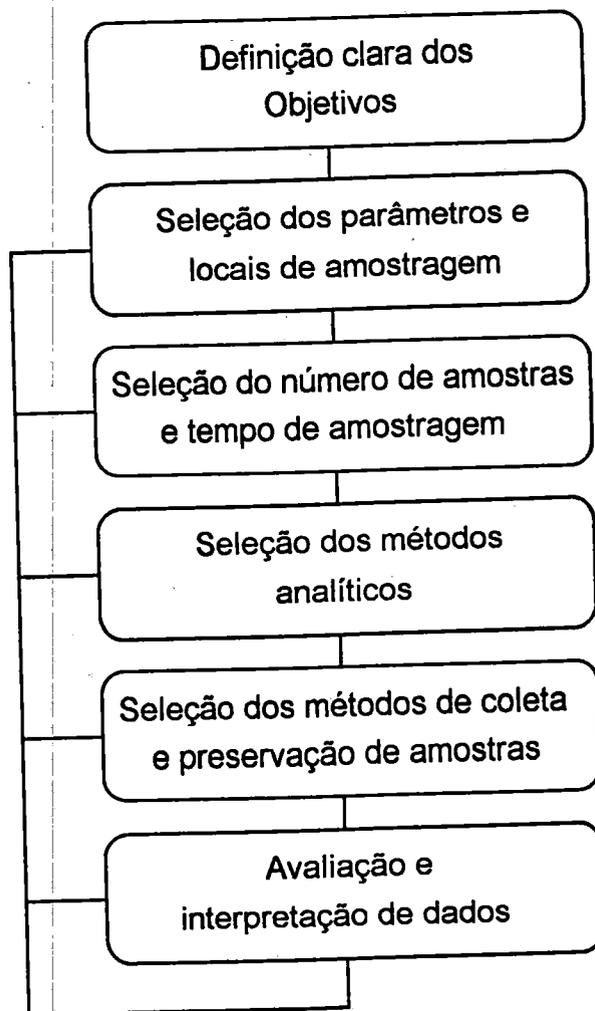


FIGURA 4.1 - Fatores a serem considerados no planejamento de programas de amostragem. Fonte: CETESB, 1987, p.12.

Para se planejar adequadamente um programa de coleta de amostras, deve-se definir inicialmente o tipo de informação requerida, ou seja, os objetivos de uma amostragem: características médias, valores máximos ou mínimos, caracterização instantânea de um ponto de corpo de água, etc. (CETESB, 1987).

De maneira geral, um determinado sistema (bacia hidrográfica, curso de água, rio, lago, reservatório, estação de tratamento de esgotos, etc.) apresenta variações quanto às concentrações dos seus constituintes ao longo dos diferentes locais dentro do sistema e ao longo do tempo, de forma aleatória ou cíclica. Se possível, é importante conhecer previamente a variabilidade ou homogeneidade espacial e temporal de um sistema por meio de um levantamento preliminar. Para a CETESB (1987), planos de amostragem baseados em considerações meramente subjetivas, não considerando a variabilidade das características de qualidade de água no local de coleta de amostras poderá gerar resultados não representativos.

Como a qualidade da água varia temporal e espacialmente, seja qual for o local de amostragem, este não é representativo de todo o sistema em estudo. Por este motivo a CETESB (1987) recomenda que devem ser selecionados locais adequados às necessidades de informação de cada programa de amostragem, em função dos seus objetivos.

Os locais de amostragem podem ser escolhidos erroneamente, às vezes mais pela conveniência do que por sua adaptação a uma amostragem representativa. Para a CETESB (1987), conveniência e praticabilidade certamente importam, mas devem subordinar-se à representatividade da amostragem, a não ser que o local de amostragem tecnicamente adequado seja totalmente inviável.

Em geral, na ocasião de amostragem é necessário conhecer a vazão do sistema. Assim, os locais de amostragem precisam ser selecionados de modo que as descargas correspondentes sejam conhecidas ou possam ser estimadas.

Informações preliminares das características do ambiente circundante no local de amostragem devem ser obtidas: (CETESB, 1987).

- a existência de eventuais características particulares nos locais de coleta pode exigir equipamentos ou cuidados especiais, além de impor

possíveis limitações, por exemplo, coletas em locais de difícil acesso, ou em locais com alto risco de acidentes.

- a situação das vias de acesso deve ser observada pela preocupação com o transporte do material de coleta e das amostras, com a seleção de itinerários racionais, observando-se a estabilidade das amostras e o prazo para envio destas aos laboratórios.

- a disponibilidade de espaço local é necessário para estabelecimento de uma estrutura mínima, com condições necessárias para realização das coletas, tais como: espaço exigido para o acondicionamento das amostras coletadas e para acomodação dos aparelhos de campo e dos materiais para as coletas, cobertura no local (proteção de chuva e sol), iluminação para trabalhos noturnos, mesas, cadeiras, etc.

A capacidade do laboratório de análises precisa ser previamente avaliada quanto aos tipos de parâmetros que podem ser determinados, quanto à quantidade de amostras que podem ser processadas, quanto aos limites de detecção de parâmetros mais críticos, e principalmente quanto à disponibilidade do laboratório para atendimento de um cronograma programado, respeitando-se a capacidade e o horário de atendimento do laboratório (CETESB, 1987).

Com a certificação de que o laboratório pode atender ao programa, deve-se verificar o material adequado necessário à coleta e às análises, e enviar a programação de coleta e demanda de análise ao laboratório.

Toda a infra-estrutura de apoio para a realização das coletas precisa ser detalhadamente pesquisada e obtida em quantidade e qualidade adequadas, a fim de se evitar imprevistos e adaptações de última hora (CETESB, 1987).

Os seguintes itens são necessários: meios de transporte, material de coleta de amostras, aparelhos de campo, frascos, material de preservação e armazenamento de amostras, agentes preservantes e químicos, cai-

xas para embalagem, caixas térmicas, equipamentos de segurança, etc. (CETESB, 1987). É conveniente que estes itens sejam práticos para o trabalho em campo e que alguns itens excedentes de reserva ou sobressalentes estejam disponíveis para eventuais necessidades.

Os frascos das amostras, o tipo de seu material e o seu volume são selecionados em função de cada parâmetro a ser analisado (o material e volume dos frascos para cada parâmetro são apresentados na Tabela 4.1). As amostras de cada parâmetro a ser analisado podem ser reunidas num único frasco, a fim de facilitar a coleta e diminuir a quantidade requisitada de frascos, desde que as amostras unificadas possuam o mesmo tipo de preservação e sejam processadas no mesmo laboratório.

Recomenda-se também a coleta de volume suficiente de amostra para eventual necessidade de repetição de alguma análise no laboratório (CETESB, 1987).

A preparação dos frascos envolve também a confecção de etiquetas auto-adesivas para sua identificação, incluindo informações como: número da amostra, data e horário da coleta, local de amostragem, tipo de preservação, análises a serem realizadas, etc. É interessante que os frascos já estejam etiquetados, enumerados e organizados em seqüência, na ordem em que as coletas serão realizadas.

A parte interna dos frascos e do material de coleta deve estar devidamente limpa e protegida contra contaminações (sujeira, poeira, fumaça, agentes químicos, etc.) (CETESB, 1987). Na prática de coleta de amostras, antes de se coletar a porção definitiva de amostra, recomenda-se o enxágüe do frasco várias vezes com o próprio material a ser coletado.

O pessoal envolvido na coleta deve estar devidamente treinado nas técnicas específicas de amostragem e preservação de amostras, medidas de segurança, manuseio dos equipamentos de campo e conhecimento da localização exata dos pontos de coleta, condições de importância fun-

damental para a consecução dos objetivos dos programas de caracterização das águas (CETESB, 1987).

As informações das condições locais de um sistema podem interferir, tanto na interpretação dos dados quanto nas próprias determinações laboratoriais. Assim, para assegurar a representatividade e confiabilidade das amostras e subsidiar relatórios dos resultados das análises, é indispensável a participação de técnicos altamente treinados e motivados. Esses técnicos precisam observar e anotar quaisquer fatos ou anormalidades que possam interferir nas características das amostras (CETESB, 1987).

Todas as informações de campo devem ser detalhadas e cuidadosamente registradas pelo técnico, numa pasta de anotações com os seguintes dados: número de identificação da amostra, indicação do ponto de amostragem e sua localização (profundidade), data e horário efetivo da coleta, tipo de amostra, medidas de campo (temperatura, pH, etc.), eventuais observações de campo, condições meteorológicas (chuvas), indicação dos parâmetros a serem analisados no laboratório, nome do responsável pela coleta, nome do programa e do coordenador, com telefone para contato, equipamento utilizado para a coleta, etc. (CETESB, 1987 e AMERICAN PUBLIC HEALTH ASSOCIATION, 1995).

Os trabalhos de campo realizam-se às vezes em condições e locais insalubres e muito desfavoráveis ao conforto e segurança. Esses fatores, aliados à coleta de amostras, oferecem riscos de acidentes. A CETESB (1987) aconselha que deve-se alertar e treinar os técnicos envolvidos, providenciando-se os equipamentos individuais de proteção, tais como luvas, botas, máscaras, aventais, e capas, para que os riscos de acidentes possam ser reduzidos.

Conforme exposto anteriormente, um sistema (bacias hidrográficas, cursos de água, rios, lagos, reservatórios, estação de tratamento, esgotos, etc.) apresenta variações em sua composição ao longo do tempo e do espaço. Assim, um método adequado de amostragem precisa ser selecio-



nado de tal forma a fornecer dados representativos deste sistema, respeitando-se essas variações, e deve satisfazer o objetivo do programa de amostragem, alcançando o tipo de informação desejado sobre as características do sistema. Desta forma, o planejamento de um programa de coleta de amostras requer a seleção criteriosa dos tipos e métodos de amostragem, que são citados a seguir.

### 4.3 TIPOS E MÉTODOS DE AMOSTRAGEM

#### 4.3.1 AMOSTRAGEM SIMPLES

Conceitualmente, uma amostra coletada de um sistema num certo tempo e local determinado, representa a sua composição somente naquele tempo e local em particular. Este tipo de coleta de amostras é chamada de amostragem simples. Quando as características do sistema são uniformes e constantes em composição, então a amostra simples pode ser considerada para representá-lo satisfatoriamente (AMERICAN PUBLIC HEALTH ASSOCIATION, 1995).

Segundo BRAILE et al. (1993), a amostragem simples pode ser utilizada nos seguintes casos :

- quando as características de um sistema são relativamente constantes e uniformes em composição;
- quando um sistema, o objeto da amostragem tem descarga intermitente, como é o caso de descargas de despejos em tanques.

Quando se sabe que um sistema possui variações de suas características ao longo do tempo, amostras simples coletadas em intervalos apropriados e analisadas separadamente podem documentar a extensão, freqüência, e duração destas variações. A programação dos intervalos de coletas de amostras simples devem ser baseadas na freqüência com que as variações das características são esperadas. Por exemplo, as variações

sazonais de alguns sistemas podem necessitar de amostragem ao longo de vários meses.

A amostragem simples é também empregada quando o objetivo é apenas verificar se os valores de alguns parâmetros do sistema estão de acordo com certos limites estabelecidos (TEBBUTT, 1983).

Quando as características médias das águas e das águas residuárias são altamente variáveis tanto quantitativamente quanto qualitativamente, uma única amostra simples não é adequada para fornecer um quadro significativo da composição dessas águas. Nesta situação, para se obter maior representatividade das características dessas águas é preciso recorrer à amostragem composta.

#### **4.3.2 AMOSTRAGEM COMPOSTA**

Uma amostra composta é obtida pela mistura dos volumes de alíquotas coletadas em determinados intervalos de tempo durante todo o período de amostragem.

Para MONTGOMERY & HART (1974), a amostragem composta equivale a obter uma amostra em que sua composição representa uma média das características do sistema que variam temporalmente.

Existem dois métodos de composição de amostras: amostragem composta dependente do tempo, e amostragem composta proporcional à vazão, que é a mais usual.

A amostragem dependente do tempo envolve a coleta de volumes iguais de alíquotas individuais em intervalos específicos de tempo dentro de um certo período e a sua combinação para a formação da amostra composta.

O método de amostragem proporcional à vazão consiste na coleta de alíquotas individuais a intervalos regulares de tempo, no seu armazenamento adequado e na medição da vazão no ato de amostragem. Uma

amostra composta é, então, formada pela mistura destas alíquotas, em volumes proporcionais às respectivas vazões (HAMMER, 1979). A quantidade de alíquotas individuais que podem ser adicionadas à mistura total depende da vazão no momento em que a amostra foi tomada. O volume final da amostra composta depende do número e tipo de análises a serem feitas (BRAILE & CAVALCANTI, 1993).

Os volumes parciais de cada alíquota individual coletada que serão reunidos para a formação da amostra composta, dependem da leitura de vazão instantânea no momento em que a alíquota foi tomada e do volume total requerido de amostra composta por estas alíquotas. O volume necessário de cada alíquota a ser coletado é dado pela expressão (4.1).

$$\text{Vol. parcial} = \frac{\text{Vazão Instantânea}}{\sum \text{Vazões Instant. no período}} \cdot \text{Vol. total requerido da amostra composta}$$

(4.1)

Em que :

Vazão Instantânea: é a vazão que ocorre no momento da coleta de cada alíquota.

Volume requerido da amostra composta: é o volume total da amostra composta que depende do número e do tipo de análises a serem feitas.

$\Sigma$  Vazões Instantâneas: é a soma das vazões instantâneas de cada alíquota coletada durante o período de amostragem.

A amostragem composta permite uma redução do número das amostras necessárias à análise e conseqüentemente a diminuição de custos envolvidos.

amostragem composta proporcional à vazão e amostragem simples. Este estudo foi desenvolvido com a medição de descargas de despejos líquidos na baía Galveston, Tex. , especialmente no Houston Ship Channel.

A primeira técnica de amostragem consistiu na obtenção diária de amostras compostas, obtidas pela coleta e composição de alíquotas proporcionais à vazão de um despejo líquido, medida no momento da coleta dessas alíquotas. A segunda técnica de amostragem estudada consistiu na obtenção diária de três amostras simples do despejo e leitura de vazão em cada instante de coleta de amostra (TARAZI et al., 1970).

Como ambas as técnicas foram usadas para representar o mesmo sistema, foi válido comparar os respectivos conjuntos de dados. Os autores concluíram que existem mais vantagens da técnica de amostragem composta proporcional à vazão, sendo a mais adequada em monitoramento de descargas de despejos líquidos.

A partir de uma análise final dos dados e dos resultados, TARAZI et al. (1970) determinaram que o número mínimo de amostras simples necessárias, dentro de certos níveis de confiança, para fornecer o mesmo ou equivalente resultado da amostra composta, seria excessivamente grande para o efluente estudado.

A única vantagem da amostragem simples sobre a técnica de amostragem composta é a possibilidade de definir melhor as flutuações da qualidade do despejo líquido dentro de pequenos períodos de tempo (TARAZI et al., 1970).

Logo, segundo conclusões de TARAZI et al. (1970), a coleta de amostras proporcionais à vazão corresponde a técnica de amostragem mais adequada para obtenção de amostras genéricas representativas das características médias de águas residuárias.

Alguns parâmetros de caracterização de esgotos, como óleos e graxas, não podem ser determinados por amostragem composta. Para estes

parâmetros é aconselhável a realização de amostragem simples para obtenção de valores significativos de concentração.

### 4.3.3 AMOSTRAGEM INTEGRADA

Para certos objetivos, a informação exigida de uma amostragem é a obtenção da qualidade média de um sistema cuja composição não é homogênea, ou seja, possui variações locais no espaço que ocupa. Nesse caso, coletam-se ao mesmo tempo, ou tão simultaneamente possível, alíquotas em diferentes pontos ou profundidades, reunindo-as em uma única amostra. O AMERICAN PUBLIC HEALTH ASSOCIATION (1995) define tal mistura, obtida pela reunião dessas alíquotas, como amostra integrada.

Em locais de um sistema não homogêneo, onde variações de concentração existem tanto em profundidade quanto em volume, como por exemplo, locais onde dois fluxos de despejos líquidos são combinados para um tratamento comum, a amostragem representativa é particularmente difícil de ser obtida. Isto levou STEFAN et al. (1992) a estudarem um modelo hidráulico em escala e realizar testes de campo para desenvolver a estratégia de amostragem de um efluente que tinha grande variabilidade em uma estação de tratamento de águas residuárias.

Uma das conclusões obtidas no referido estudo é que para se obter as concentrações de uma amostra representativa de um sistema, é primeiramente necessário determinar em que amplitude as flutuações das concentrações em tempo e em espaço variam num determinado local. Geralmente na prática, variações espaciais são freqüentemente ignoradas assumindo-se condições de mistura completa. Se esta suposição é válida em certos locais, uma amostra simples coletada num ponto será então suficiente (STEFAN et al., 1992).

A amostragem integrada, com coletas de alíquotas em múltiplos pontos num local para obter uma média espacial é mais custosa, mas necessária quando as pequenas variações espaciais devam ser documentadas (STEFAN et al., 1992).

#### 4.3.4 AMOSTRAGEM MANUAL OU AUTOMÁTICA

Com relação aos métodos de amostragem, as amostras podem ser coletadas manual ou automaticamente.

A amostragem manual não envolve equipamentos e pode ser excessivamente trabalhosa, consumindo tempo dos programas de coletas de amostras, e deve contar com mão de obra disponível e especializada (BRAILE et al., 1993).

A amostragem automática é apropriada para coletas contínuas ou coleta em intervalos regulares de tempo. Os equipamentos automáticos de coleta de amostras que têm sido usados cada vez mais, podem eliminar erros humanos que ocorrem em coletas manuais, podem fornecer valores médios durante o período de amostragem, e podem realizar a composição de amostras com uma programação no equipamento (AMERICAN PUBLIC HEALTH ASSOCIATION, 1995).

#### 4.4 PRESERVAÇÃO E ARMAZENAMENTO DAS AMOSTRAS

Idealmente, todas as análises deveriam ser realizadas na amostra, imediatamente após a sua coleta. Quanto maior a agilidade em que essas análises possam ser feitas, os resultados serão mais razoáveis e mais próximos dos verdadeiros valores da natureza do sistema (TEBBUTT, 1983).

Devido ao intervalo que geralmente existe entre a coleta das amostras e a realização das análises, é preciso adotar métodos específicos para sua preservação e armazenamento, com a finalidade de evitar degradação, contaminação e/ou perda dos constituintes a serem examinados. Para a CETESB (1987), isto é especialmente importante quando se deseja conhecer a concentração de substâncias que se encontram ao nível de traços, uma vez que podem ocorrer transformações em diversas formas químicas.

A completa e inequívoca preservação de amostras é impraticável. Independentemente da natureza da amostra, a estabilidade completa para cada constituinte nunca pode ser obtida. No melhor dos casos, as técnicas de preservação e a seleção adequada de frascos de armazenamento apenas retardam as alterações químicas e biológicas que, inevitavelmente, acontecerão após separar-se a amostra das suas condições originais (CETESB, 1987).

Os métodos de preservação, relativamente limitados, têm por objetivo aumentar o intervalo entre a coleta e a análise da amostra, sem comprometer a realização dessas análises no laboratório. A CETESB (1987) mostra que este efeito é possível retardando-se a ação biológica e a hidrólise dos compostos químicos e complexos, reduzindo-se a volatilidade dos constituintes e os efeitos de adsorção, preservando-se organismos, evitando-se ou minimizando-se alterações morfológicas e fisiológicas.

As técnicas de preservação mais empregadas são a refrigeração, a adição química e o congelamento (CETESB, 1987).

A refrigeração é utilizada na preservação de amostras para determinação de vários parâmetros e constitui uma técnica muito comum em trabalhos de campo. Embora a refrigeração não mantenha completa integridade para todos os parâmetros, interfere de modo insignificante na maioria das determinações laboratoriais. A refrigeração é sempre utilizada na preservação de amostras microbiológicas e algumas determinações químicas e biológicas (CETESB, 1987).

O método de preservação mais conveniente é o da adição química, em que o preservante é adicionado prévia ou imediatamente após a tomada da amostra, provocando a estabilização dos constituintes de interesse, por períodos mais longos de tempo. Contudo, tal procedimento não é viável para preservar uma amostra quando a sua composição química pode ser afetada pelo agente químico, por exemplo, adicionar ácido nítrico quan-

do o objetivo é analisar nitrato, ou quando as análises da amostra são de natureza biológica, especificamente a DBO (CETESB, 1987).

O congelamento é um método aceitável para algumas análises, mas não como técnica de preservação geral. Esta técnica é inadequada para algumas determinações biológicas e microbiológicas, e para os componentes dos resíduos sólidos (filtráveis e não filtráveis) da amostra, que se alteram com o congelamento e posterior retorno à temperatura ambiente (CETESB, 1987).

As técnicas de preservação, com os devidos prazos de validade de armazenamento para os principais parâmetros físico-químicos de caracterização de esgotos sanitários, são apresentadas na Tabela 4.1. Nesta tabela, expõem-se também, as recomendações referentes ao tipo de frasco e ao volume de amostra, além dos cuidados que devem ser tomados na ocasião de amostragem.

Com todas as informações, precauções, recomendações e procedimentos para a coleta de amostras, descritas em detalhes anteriormente, ainda surgem certas dúvidas para o estabelecimento de um programa de amostragem. As mais comuns são: qual o número de amostras a serem coletadas? As coletas de amostras devem ser realizadas aleatoriamente ou sistematicamente? Em que frequência as amostras devem ser tomadas?

A bibliografia encontrada para suprimir tais dúvidas ainda é muito escassa, e, além disso, raríssimos trabalhos publicados são específicos para a amostragem de esgotos sanitários.

TABELA 4.1 - Técnicas de preservação e armazenamento de amostras

Parâmetro	Material do frasco	Volume	Preservação e Observações	Prazo
DQO	▪ Vidro (de preferência) ou Polietileno.	200 ml	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Adicionar H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> concentrado até pH &lt; 2;</li> <li>▪ Manter refrigeração a 4°C.</li> <li>▪ Para efluentes contendo óleos vegetais e/ou gelatinas, não acidular, mantendo apenas a refrigeração a 4°C.</li> </ul>	7 dias
DBO	▪ Polietileno ou Vidro	2000 ml	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Manter refrigeração a 4°C.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ 6 horas para amostras simples</li> <li>▪ 24 horas para amostras compostas</li> </ul>
Sólidos Suspensos Sedimentáveis	▪ Polietileno ou Vidro	1000 ml	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Não é necessária.</li> </ul>	24 horas
Sólidos Suspensos Não Sedimentáveis, Dissolvidos, Voláteis e Fixos	▪ Polietileno ou Vidro	1000 ml	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Manter refrigeração a 4°C.</li> </ul>	7 dias
Nitrogênio Amoniacal	▪ Polietileno ou Vidro	1000 ml	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Adicionar H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> concentrado até pH &lt; 2;</li> <li>▪ Manter refrigeração a 4°C.</li> </ul>	24 horas
Nitrogênio Orgânico	▪ Polietileno ou Vidro	1000 ml	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Adicionar H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> concentrado até pH &lt; 2;</li> <li>▪ Manter refrigeração a 4°C.</li> </ul>	24 horas
Nitrogênio Nitrato	▪ Polietileno ou Vidro	300 ml	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Adicionar H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> concentrado até pH &lt; 2;</li> <li>▪ Manter refrigeração a 4°C.</li> </ul>	24 horas
Nitrogênio Nitrito	▪ Polietileno ou Vidro	200 ml	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Manter refrigeração a 4°C.</li> </ul>	24 horas

TABELA 4.1 - Técnicas de preservação e armazenamento de amostras (continuação)

Parâmetro	Material do frasco	Volume	Preservação e Observações	Prazo
Óleos e Graxas	<ul style="list-style-type: none"> <li>Vidro, boca larga e tampa de teflon ou de vidro esmerilhada.</li> </ul>	1000 ml	<ul style="list-style-type: none"> <li>Adicionar HCl concentrado até pH &lt; 2;</li> <li>Manter refrigeração a 4°C.</li> <li>Tomar somente amostras simples, evitando-se perdas do óleo sobrenadante.</li> <li>Não encher completamente o frasco.</li> <li>Deixar um vão livre entre a amostra e a tampa.</li> </ul>	24 horas
<b>Metais</b> Alumínio, Arsênio, Bário, Berílio, Cádmio, Cálcio, Chumbo, Cobre, Cromo total Cromo hexavalente, Estanho, Ferro, Lítio, Magnésio, Manganês, Níquel, Potássio, Selênio, Sódio e Zinco	<ul style="list-style-type: none"> <li>Polietileno ou Vidro borossilicato;</li> <li>Não usar frasco de vidro para Sódio e Potássio;</li> <li>Não usar frasco de polietileno para Lítio.</li> </ul>	1000 ml	<ul style="list-style-type: none"> <li>Filtrar com membrana, filtro de porosidade 0,45µm;</li> <li>Adicionar HNO<sub>3</sub> até pH &lt; 2;</li> <li>Manter refrigeração a 4°C.</li> <li>Se for feita análise de ferro em água não poluída, preservar o filtrado com ácido clorídrico;</li> <li>Para análise de Cromo, filtrar 1 litro de amostra; se for feita análise de Cromo hexavalente, somente refrigerar o filtrado a 4°C e analisar no máximo dentro de 48 horas;</li> <li>Para análise de Selênio, filtrar 1 litro separadamente.</li> </ul>	180 dias <ul style="list-style-type: none"> <li>Analisar rapidamente o Alumínio;</li> </ul>
Fosfato Total	<ul style="list-style-type: none"> <li>Polietileno ou Vidro</li> </ul>	200 ml	<ul style="list-style-type: none"> <li>Adicionar H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> concentrado até pH &lt; 2;</li> <li>Manter refrigeração a 4°C.</li> </ul>	24 horas

**TABELA 4.1 - Técnicas de preservação e armazenamento de amostras (continuação)**

Parâmetro	Material do frasco	Volume	Preservação e Observações	Prazo
<b>Alcalinidade</b>	▪ Polietileno ou Vidro	200 ml	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Manter refrigeração a 4°C.</li> <li>▪ Reduzir ao máximo a exposição ao ar; e encher totalmente o frasco com a amostra.</li> </ul>	menos de 24 horas
<b>Fluoretos</b>	▪ Polietileno	300 ml	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Manter refrigeração a 4°C.</li> </ul>	7 dias
<b>Coliformes Totais</b>	▪ Vidro ou polietileno, boca larga, tampa de rosquear metálica ou plástica.	125 ml ou 250 ml	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Manter refrigeração de 0 a 10°C.</li> <li>▪ Frascos devem ser bem lavados e esterilizados em autoclave a 121°C durante 15 minutos.</li> </ul>	8 horas
<b>Coliformes Fecais</b>	▪ Vidro ou polietileno, boca larga, tampa de rosquear metálica ou plástica.	125 ml ou 250 ml	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Manter refrigeração de 0 a 10°C.</li> <li>▪ Frascos devem ser bem lavados e esterilizados em autoclave a 121°C durante 15 minutos.</li> </ul>	8 horas

**FONTE : CETESB, 1987, p.53-61 e AMERICAN PUBLIC HEALTH ASSOCIATION, 1995.**

#### 4.5 NÚMERO DE AMOSTRAS E FREQUÊNCIA DE COLETAS

Considerações de custos, à parte, o ideal da obtenção de dados da qualidade de águas seria levantar continuamente valores de vazão e de concentrações, para detectar concentrações máximas e mínimas, definir curvas de variação diárias e identificar períodos com valores críticos de concentrações. Entretanto, métodos para o levantamento contínuo das características da qualidade de águas não foram ainda completamente desenvolvidos e sistemas de análises rápidas e confiáveis, tais como sensores, são disponíveis somente para poucas características de águas. Por este motivo é necessário confiar em dados obtidos por amostragem intermitentes e suas subseqüentes análises (MONTGOMERY & HART, 1974).

De modo geral, a CETESB (1987) recomenda a obtenção de pelo menos seis amostras igualmente espaçadas, para caracterizar ciclos diários e semanais, evitando repetições de horário ou dias imediatamente consecutivos. Logicamente, quanto maior o número de amostras investigadas, melhor será o conhecimento da variabilidade e, conseqüentemente, da estimativa do processo.

O AMERICAN PUBLIC HEALTH ASSOCIATION (1995) estipula que o número requerido de amostras pode ser estabelecido pela seguinte relação, se o desvio padrão é conhecido:

$$N \geq \left( \frac{t \cdot s}{U} \right)^2 \quad (4.2)$$

Em que:

N: número de amostras

t: fator da distribuição t de Student para um dado nível de confiança

s: estimativa do desvio padrão da característica medida

U: nível aceitável de incerteza

Tal equação tem validade quando os dados a serem coletados são aleatórios, ou seja, são independentes do tempo e o conjunto desses dados segue uma distribuição normal.

Poucos trabalhos relacionados ao assunto de coleta de amostras em águas residuárias são encontrados. Citam-se alguns trabalhos que apesar de serem estudados em corpos de águas naturais, de alguma forma, contribuem para a definição do programa de coleta de amostras de esgotos sanitários a ser desenvolvida nesta dissertação.

MONTGOMERY & HART (1974) realizaram estudos em rios do Reino Unido, com levantamento de dados das qualidades físicas e químicas dos rios e dos seus efluentes que recebem, abordando os princípios de coleta de amostras. Esses autores avaliaram dois tipos de frequência de coleta de amostras: a amostragem aleatória, com coletas de amostras em intervalos de tempo aleatórios e a amostragem sistemática, com coletas de amostras a intervalos de tempos constantes e igualmente espaçados. Com alguns fundamentos, os autores verificaram que a amostragem sistemática pode levar a valores finais mais precisos do que a amostragem em intervalos aleatórios. Além disso, uma amostragem sistemática é certamente mais fácil de se planejar e realizar.

RAINWATER & AVRETT<sup>1</sup> apud MONTGOMERY & HART (1974) examinaram também este problema e concluíram que quando há variação cíclica ou períodos com valores críticos de concentrações, é obtida melhor precisão na definição do sistema por amostragem sistemática do que aleatória para qualquer número de amostras, desde que o intervalo de amostragem seja suficientemente pequeno.

---

<sup>1</sup> RAINWATER, F. H.; AVRETT, J. R. (1962). *Error inference in systematic-sample statistics in stream quality studies*. Journal Am. Wat. Wks. Ass., 54, 1962, 757 apud MONTGOMERY, H. A. C.; HART, I. C. (1974). The design of sampling programmes for rivers and effluents. *Water Pollution Control*, p.77-101.

GUNNERSON (1966) publicou estudo sobre frequência de amostragem. O princípio do estudo foi determinar a menor frequência de coleta de amostras que pode ser aplicada a um conjunto existente de dados sem perda de importantes detalhes (informações das características do sistema amostrado). Foram feitos levantamentos quase contínuos de OD (Oxigênio Dissolvido), de condutância específica, de Temperatura e de pH, cobrindo um mês em estuários dos Estados Unidos. GUNNERSON (1966) mostrou que o intervalo de amostragem a cada 2 horas é adequado para a obtenção de dados e informações mensais dos estuários. Entretanto, a frequência ótima de amostragem e o número de amostras dependem do sistema que está sendo estudado, e também do tipo de informação requerida, conforme os objetivos do programa de amostragem.

Método similar foi aplicado para valores de vazão pelo Instituto de Hidrologia, citado por MONTGOMERY & HART (1974). Os dados originais de vazão foram levantados em intervalos de 15 minutos, e os efeitos da coleta de amostras a vários intervalos maiores, tais como, diários, mensais e anuais, calculados em relação à média de vazão foram analisados por métodos estatísticos. Em meio às conclusões, é exposto que o intervalo de 8 horas é adequado para levantamentos da média de vazão mensais e anuais, e o intervalo de 1 hora para média de vazão diária. No original, não é especificado o local do referido estudo.

Estes estudos fornecem para o presente trabalho, algumas informações úteis no desenvolvimento da programação de coleta de amostras de esgotos sanitários. Algumas considerações, como o número de amostras a serem coletadas e a frequência em que as amostras devem ser tomadas, não são definidas pela bibliografia consultada, especificamente para a amostragem de esgotos sanitários. Tais considerações e definições serão decididas mediante estudos em dados experimentais de esgotos sanitários, obtidos por meio de coletas efetivas de amostras de esgotos conforme descrição apresentada no capítulo seguinte.

## **CAPÍTULO 5**

### **MATERIAIS E MÉTODOS**

#### **5.1 CONSIDERAÇÕES GERAIS**

A descrição dos itens e dos temas tratados neste capítulo, e nos seguintes, não seguiu o padrão formal de desenvolvimento de dissertações. Tal atitude mostrou-se necessária e é justificada pela melhor compreensão e pelo melhor entendimento dos assuntos e procedimentos realizados no trabalho, que são descritos a seguir.

Para a caracterização quantitativa e qualitativa de esgotos sanitários exige-se uma origem apropriada, ou seja, uma fonte de esgotos em que serão realizados o levantamento de dados e as coletas de amostras.

Algumas cidades que poderiam ser a fonte produtora de esgotos foram cogitadas, buscando-se instituições com interesse no presente trabalho que pudessem financiá-lo.

Escolheu-se a cidade de Araraquara-SP, para o presente trabalho por possuir características de uma cidade de porte médio típica do interior do Estado de São Paulo e pela proximidade do Laboratório do Departamento de Hidráulica e Saneamento da Escola de Engenharia de São Carlos (USP). O DAAE-Departamento Autônomo de Águas e Esgotos, responsável pelo abastecimento de água e esgotamento da cidade, demonstrou interesse e apoiou a realização deste trabalho.

Nesta cooperação ficou acertado o compromisso do DAAE-Departamento Autônomo de Águas e Esgotos em fornecer os recursos financeiros necessários e o apoio técnico e pessoal; e por sua vez, o autor do presente trabalho em realizar o planejamento, preparação, execução das coletas de dados e amostras de esgotos, obtenção e compilação dos resultados do trabalho. Tais procedimentos serão apresentados detalhadamente neste capítulo.

Inicialmente apresentam-se algumas informações a respeito da cidade de Araraquara-SP, obtidas na Prefeitura Municipal da cidade e no DAAE-Departamento Autônomo de Águas e Esgotos.

## **5.2 A CIDADE DE ARARAQUARA-SP**

A cidade de Araraquara-SP está localizada na região central do Estado de São Paulo, numa área integrante do "Planalto Ocidental", distante 273 km de São Paulo (Figura 5.1).

O município abrange 1.312 km<sup>2</sup> com 77,34 km<sup>2</sup> ocupados pela área urbana. Como consequência da estrutura geológica, a topografia apresenta-se com relevo levemente ondulado e altitude média de 646 m, aplainada pela ação da rede hidrográfica ao longo do tempo, principalmente pelo rio Mogi-Guaçu e cursos de água da bacia do rio Tietê.

A área urbana da cidade de Araraquara-SP está distribuída em duas principais bacias hidrográficas locais: a do ribeirão das Cruzes e a do ribeirão do Ouro. Estes dois ribeirões são afluentes do Rio Jacaré-Guaçu, que por sua vez deságua no Rio Tietê, fazendo parte da bacia hidrográfica do Rio Paraná. O clima é caracterizado como tropical de altitude, com temperatura média no intervalo de 22 a 26°C.

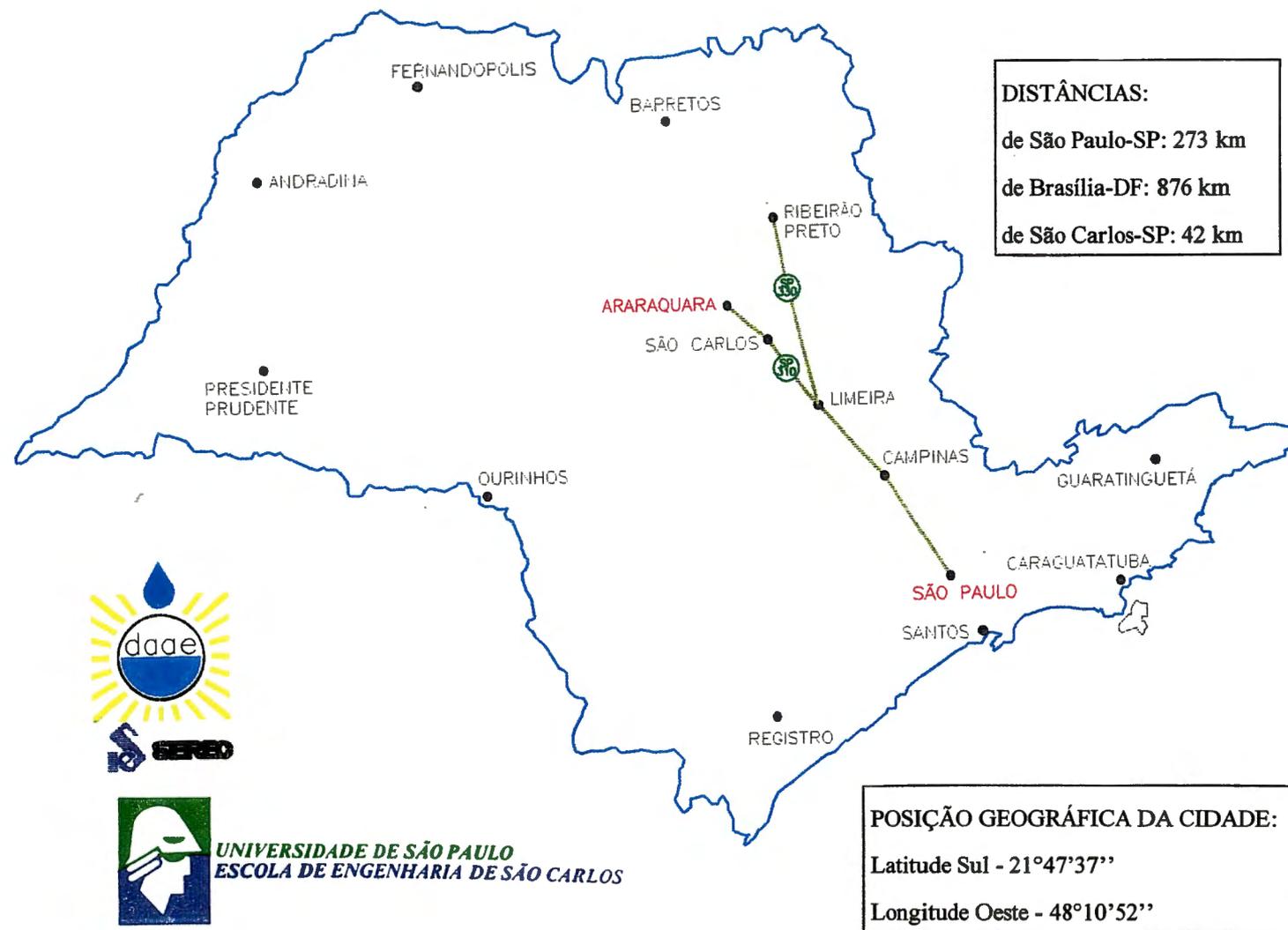


FIGURA 5.1 - Localização da cidade de Araraquara-SP

A cidade é servida pela rodovia Washington Luiz (SP310) e pelas rodovias SP257 (Américo Brasiliense - Rincão), SP255 (Taquarituba - Ribeirão Preto), SP311 (Araraquara - Pirajui), e SP326 (Araraquara - Colômbia). Possui Terminal Rodoviário de Passageiros, com capacidade de 3.000 partidas diárias, o aeroporto "Bartholomeu de Gusmão", e é um entroncamento ferroviário operado pela FEPASA - Ferrovias Paulista S.A.

O município é sede da 12ª Região Administrativa do Estado de São Paulo e é dotado de todos os recursos urbanos para atendimento às necessidades da população. Segundo dados recentes, a população urbana é de aproximadamente 180.000 habitantes.

Com relação às atividades econômicas de Araraquara-SP, hoje a vocação agrícola da cidade é, predominantemente, voltada para a cana de açúcar e a laranja. Além disso, têm valor representativo as culturas de soja, milho, amendoim e dos cítricos tangerina e limão. Segundo levantamento efetuado em 1992, existem por volta de 440 indústrias no município. A estrutura industrial caracteriza-se pela liderança da agro-indústria. Esta é representada por usinas de açúcar e álcool e indústrias de sucos cítricos, cuja produção é voltada quase que exclusivamente para o mercado externo. Outras atividades industriais merecem destaque, como os setores de mecânica, metalúrgica, produtos alimentares, químicos, têxtil e de vestuário. No setor terciário, apontam-se mais de 1.000 estabelecimentos comerciais dos tipos varejista e atacadista.

A distribuição de energia elétrica é efetuada pela CPFL - Companhia Paulista de Força e Luz, com energia gerada pela CESP - Centrais Elétricas de São Paulo e pela Furnas Centrais Elétricas S.A. No âmbito das telecomunicações, a cidade é atendida pela Telesp - Telecomunicações de São Paulo S.A., que oferece também o serviço de telefonia móvel (celular).

O município conta com seis hospitais e onze centros municipais de saúde, situados em pontos extremos da cidade. O programa educacional de ensino básico de 1º e 2º graus é composto por rede de escolas mantidas

pelo poder público (46 escolas), e por rede particular de colégios (16 escolas). Para a formação técnica, a cidade conta com os cursos profissionalizantes mantidos pelo Senai, Senac, Sesi e Escola Técnica Industrial da FATEC (Fundação Paula Souza). Para o ensino superior, dispõe a UNESP-Universidade Estadual Paulista, e faculdades particulares, como a Faculdade de Engenharia e Agrimensura de Araraquara e a Fefiara-Federação das Faculdades Isoladas de Araraquara.

A cidade possui diversos espaços culturais, destacando-se o Teatro Municipal, a Casa de Cultura, o museu histórico "Voluntários da Pátria", o teatro de Arena, e as bibliotecas públicas "Mário de Andrade" e "Monteiro Lobato". O lazer e atividades desportivas são garantidas pelas infraestruturas que existem na cidade: diversos clubes; ginásio de esportes "Castello Branco"; pista de atletismo "Armando Garlipp" e Parque Pinheirinho, que conta com praia, represa, e centro educativo, recreativo e esportivo.

O abastecimento de água e o esgotamento em Araraquara-SP é realizado pelo DAAE-Departamento Autônomo de Águas e Esgotos. O sistema atual de abastecimento de água é composto basicamente por três captações de água superficiais que produzem em média 30.000 m<sup>3</sup>/dia; duas estações de tratamento, Fonte Luminosa e Águas do Paiol, com capacidade de tratamento na ordem de 600 l/s e 80 l/s, respectivamente; onze poços profundos que fornecem 37.000 m<sup>3</sup> por dia e 22 reservatórios, que totalizam volume de aproximadamente 36.500 m<sup>3</sup>.

A rede de distribuição de águas atinge cerca de 720 km de extensão, com aproximadamente 51.100 ligações domiciliares, garantindo atendimento a 100% da população.

### 5.3 CONSIDERAÇÕES INICIAIS

Descrevem-se a seguir, as atividades envolvidas no levantamento de dados para a caracterização qualitativa e quantitativa de esgotos sanitá-

rios da cidade de Araraquara-SP. Expõe-se a obtenção de dados de esgotos e das características locais da área estudada e a determinação da infiltração de águas subterrâneas que ocorre na rede coletora.

Inicialmente discorre-se sobre as etapas realizadas para obtenção de dados e dos diversos parâmetros de caracterização de esgotos: o planejamento do programa de amostragem, o projeto e instalação do medidor de vazões, as coletas de dados e amostras de esgotos e as análises físico-químicas laboratoriais.

Em seguida descrevem-se as características da área estudada, bacia do ribeirão do Ouro, e o método empregado para a determinação da infiltração na rede coletora de esgotos.

#### **5.4 PLANEJAMENTO DO PROGRAMA DE AMOSTRAGEM**

Os recursos humanos e financeiros, fornecidos pelo DAAE - Departamento Autônomo de Águas e Esgotos, para permitir e custear todo o trabalho foram alocados por meio de cronograma de desenvolvimento do trabalho, ponderando-se as limitações financeiras e humanas.

Este cronograma inclui o planejamento do programa de amostragem, as coletas de dados e amostras, as análises laboratoriais e a compilação dos resultados. O planejamento do programa de amostragem envolveu atividades realizadas previamente, a fim de viabilizar os procedimentos de coletas de amostras e assegurar a obtenção de dados representativos de esgotos sanitários. As seguintes atividades, apresentadas na seção 4.2 - Planejamento do programa de amostragem do Capítulo 4 desta dissertação, são descritas: definição dos objetivos de amostragem; seleção dos locais de coletas de dados e amostras; seleção dos parâmetros de caracterização de esgotos; programação dos dias de coletas; programação do número e frequência de coletas das amostras; métodos de preservação e armazenamento de amostras; seleção dos métodos analíticos laboratoriais e programação do laboratório.

#### **5.4.1 DEFINIÇÃO DOS OBJETIVOS DE AMOSTRAGEM**

As informações a serem obtidas pela coleta e análise de dados e amostras de esgotos sanitários foram definidas neste item.

Pretende-se neste trabalho, obter os valores médios de concentração dos principais parâmetros característicos e a variação temporal de vazão, DQO, pH e temperatura de esgotos ao longo do tempo no período de 24 horas. A partir desses dados, realizar-se-á a avaliação dos parâmetros usualmente empregados em projetos de sistemas de esgotos e um estudo estatístico para definição do número de amostras e da frequência de amostragem a ser empregada para a caracterização de esgotos. Por isto é necessário obter grande quantidade de dados de esgotos para permitir a realização destas inferências.

#### **5.4.2 SELEÇÃO DOS LOCAIS DE COLETA DE DADOS E AMOSTRAS DE ESGOTOS**

Os locais de coleta de amostras e dados foram selecionados de tal forma que incluíssem toda a quantidade de esgotos da área de estudo, ou seja, a contribuição de esgotos domésticos, despejos líquidos industriais, esgotos de estabelecimentos, de hospitais, de instituições, infiltrações, etc.

O esgoto coletado de uma sub-bacia da cidade é dirigido geralmente a emissários ou interceptores que estão assentados na parte mais baixa desta área. Os locais em emissários e interceptores, situados antes do lançamento dos esgotos em estação de tratamento ou em curso d'água, são ideais e possíveis para o levantamento de dados e para coleta de amostras.

A área urbana da cidade de Araraquara-SP está distribuída em duas principais bacias hidrográficas locais: a do ribeirão das Cruzes e a do ribeirão do Ouro. Tanto a bacia do ribeirão do Ouro, como a bacia do ribeirão das Cruzes, contém sub-bacias, que possuem coletor tronco ou coletor

principal de esgotos, responsável pela condução do efluente da respectiva área até os interceptores existentes nos vales das bacias principais. Na Figura 5.2 é apresentado o mapa da cidade com a delimitação das duas bacias e os seus interceptores existentes.

Realizaram-se visitas a diversos locais, sendo que dois locais de coleta foram inicialmente selecionados: um no interceptor da bacia do ribeirão do Ouro e outro no interceptor da bacia do ribeirão das Cruzes. Devido a problemas surgidos ao longo do trabalho, não realizaram-se coletas no interceptor da bacia do ribeirão das Cruzes, conforme pretendia-se, cujos motivos serão comentados posteriormente.

O local escolhido para as coletas está situado no interceptor da bacia do ribeirão do Ouro, às margens deste ribeirão, antes da ponte sob a rodovia Washington Luiz (SP 310), conforme mostrado na Figura 5.2. Esse local possui acesso relativamente fácil, e mostrou-se perfeitamente viável para as coletas de dados e amostras de esgotos e também para instalação de um medidor de vazão.

O local é favorecido por situar-se nas proximidades da casa de bombas do poço artesiano Santa Lúcia, com via de acesso asfaltada. A casa de bombas serviu de ponto de apoio indispensável para as coletas, onde foi possível estabelecer a infra-estrutura necessária, tais como, iluminação, segurança, espaço para acomodação dos aparelhos de campo e materiais para as coletas.



UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO  
ESCOLA DE ENGENHARIA



FIGeirão do Ouro.

### 5.4.3 SELEÇÃO DOS PARÂMETROS DE CARACTERIZAÇÃO DE ESGOTOS

Os parâmetros previamente selecionados, em princípio, são aqueles mais usualmente utilizados para caracterização de esgoto sanitário de uma cidade.

Para o levantamento da variação do esgoto ao longo do tempo durante 24 horas, selecionaram-se a vazão, a DQO, o pH, e a temperatura.

Os parâmetros DQO, DBO, e sólidos (diversas formas) foram selecionados a fim de se determinar os valores médios de suas concentrações. Estes valores são de grande interesse em projetos de sistemas de tratamento de esgotos. Um estudo de avaliação dos parâmetros adotados na concepção e projeto de sistemas de tratamento de esgotos é descrito posteriormente.

Outros parâmetros foram selecionados a título de complementação para caracterização dos esgotos sanitários, são eles: Nitrogênio (diversas formas), Fosfato Total, óleos e graxas, alcalinidade e os metais Zinco, Chumbo, Cádmio, Níquel, Ferro, Manganês, Cobre e Cromo.

A determinação do Flúor foi programada, apesar de não usual, tendo em vista o interesse em desenvolver método inédito para determinação de infiltração em redes coletoras de esgotos. O conhecimento da diluição de esgoto que ocorre nas canalizações, devida à infiltração e outras contribuições singulares, por meio de relações entre a concentração de Flúor dos esgotos sanitários e das águas de abastecimento permite a avaliação da vazão destas infiltrações. Este método é comentado posteriormente.

#### **5.4.4 PROGRAMAÇÃO DOS DIAS DE COLETA DE DADOS E AMOSTRAS DE ESGOTOS**

As coletas de dados e amostras de esgotos foram programadas em três campanhas. Cada uma delas, realizada durante período contínuo de 24 horas.

As três campanhas de coleta foram programadas nos seguintes dias da semana: Domingo, Quarta-feira e Sábado. Estes dias foram escolhidos por serem dias com características típicas de variação de vazão e de concentração de esgotos. As coletas nestes dias permitem obter o prévio conhecimento da variação semanal do esgoto sanitário. Tomou-se o cuidado de não coincidir nenhum dos dias agendados com um feriado, pois alteraria os resultados das características normais do esgoto no dia da semana.

#### **5.4.5 PROGRAMAÇÃO DO NÚMERO E FREQUÊNCIA DE COLETA DE DADOS E AMOSTRAS**

A fim de fornecer dados representativos de esgotos sanitários e satisfazer o objetivo do programa de amostragem, foram adotados métodos adequados de amostragem.

O levantamento da variação de vazão, temperatura, pH e DQO do esgoto ao longo do tempo (24 horas), seria ideal se fosse realizado de maneira contínua. Entretanto, devido às limitações financeiras e metodológicas para aquisição de aparelhos de leitura contínua de pH, temperatura e vazão e para determinação de DQO, isso não foi possível neste trabalho. Adotou-se então a amostragem simples com frequência de coletas em intervalos de tempo regulares de 15 minutos, de acordo com que foi exposto na seção 4.3 - Tipos e métodos de amostragem no Capítulo 4 desta dissertação, totalizando para cada campanha de coleta e para cada um destes parâmetros, 96 amostras.

Os valores de concentração média de DQO, sólidos, Nitrogênio, Fosfato Total, óleos e graxas, alcalinidade e metais foram obtidos por meio de amostras compostas proporcionais à vazão. A composição de amostras proporcional à vazão seguiu os procedimentos citados na seção 4.3.2. Programou-se a obtenção de 4 amostras compostas em cada campanha para cada parâmetro a ser determinado. Cada amostra foi obtida a cada período de 6 horas pela união de alíquotas coletadas horariamente com volumes proporcionais às vazões medidas.

Os valores de concentração média de DBO foram obtidos também por meio de amostras compostas proporcionais à vazão. Em cada campanha, obteve-se o total de 6 amostras compostas. Cada amostra foi obtida a cada período de 4 horas pela mistura de alíquotas coletadas horariamente com volumes proporcionais às vazões medidas.

As amostras de Flúor foram obtidas também por meio de composição proporcional à vazão. A cada duas horas, uniram-se proporcionalmente à vazão os volumes das alíquotas horárias coletadas.

A frequência de amostragem de todos parâmetros é apresentada na Tabela 5.1, onde consta, também, o número total de amostras coletadas em uma campanha no período de 24 horas.

Utilizou-se amostragem manual, já que não havia equipamento automático disponível para as coletas de amostras e dados de esgotos.

TABELA 5.1 - Programação das coletas de amostras no período de 24 horas

Parâmetro	Intervalo de amostragem	Nº de amostras numa campanha
DQO	15 minutos	96 amostras
Flúor	composição a cada período de 2 horas	12 amostras compostas
DBO	composição a cada período de 4 horas	6 amostras compostas
DQO	composição a cada período de 6 horas	4 amostras compostas
Alcalinidade	composição a cada período de 6 horas	4 amostras compostas
Nitrogênio (várias formas)	composição a cada período de 6 horas	4 amostras compostas
Sólidos (várias formas)	composição a cada período de 6 horas	4 amostras compostas
Fosfato Total	composição a cada período de 6 horas	4 amostras compostas
Metais	composição a cada período de 6 horas	4 amostras compostas
Óleos e Graxas	6 horas	4 amostras simples
Vazão	15 minutos	96 leituras in loco
Temperatura	15 minutos	96 leituras in loco
pH	15 minutos	96 leituras in loco

#### 5.4.6 SELEÇÃO DOS MÉTODOS DE PRESERVAÇÃO E ARMAZENAMENTO DE AMOSTRAS

As recomendações referentes ao tipo de frasco, volume de amostra a ser coletado e demais cuidados foram tomados por ocasião de amostragem, para os principais parâmetros físico-químicos de caracterização de esgotos sanitários, a fim de garantir boa qualidade nos resultados de análises.

Essas recomendações estão apresentadas na Tabela 4.1 (seção 4.4) e foram rigorosamente aplicadas.

#### 5.4.7 SELEÇÃO DOS MÉTODOS ANALÍTICOS LABORATORIAIS E PROGRAMAÇÃO DO LABORATÓRIO

Os métodos empregados para as determinações analíticas dos parâmetros físico-químicos nas amostras coletadas de esgotos sanitários, seguiram os procedimentos laboratoriais indicados no *Standard methods for the examination of water and wastewater* (AMERICAN PUBLIC HEALTH ASSOCIATION, 1995).

Devido à grande quantidade de amostras para a determinação da DQO (cerca de 100 amostras por campanha) e à preocupação em realizar as análises, o método analítico de DQO adotado foi o "Método de Digestão no Reator" da empresa Hach, por ser rápido e prático. Este método exigiu a compra de equipamentos e de materiais, providenciados pelo DAAE - Departamento Autônomo de Águas e Esgotos.

Na determinação da concentração de Flúor em esgotos, consultaram-se especialistas para a obtenção de informações e indicações sobre os métodos e os procedimentos mais adequados. A análise de Flúor não pode ser feita diretamente numa amostra de esgoto bruto, por meio de leituras em espectrofotômetro. É necessário realizar inicialmente a destilação da amostra com o arraste de Flúor para a porção destilada, permitindo-se assim, a leitura sem interferências em espectrofotômetros.

Laboratórios especializados foram consultados, certificando-se quanto à quantidade de amostras que podem ser processadas, e quanto à disponibilidade do laboratório para atendimento de um cronograma programado, respeitando-se sua capacidade e horário de atendimento.

Os laboratórios disponíveis que poderiam atender à demanda de análises e de acordo com a programação de coletas foram: o Laboratório do DAAE - Departamento Autônomo de Águas e Esgotos, que realizou as análises de DQO, Alcalinidade e Flúor, e o Laboratório de Saneamento do Departamento de Hidráulica e Saneamento da Escola de Engenharia de São

Carlos - USP que realizou as seguintes análises: DBO, Nitrogênio Amônia-cal, Nitrogênio Orgânico, Nitrogênio Nitrato, Nitrogênio Nitrito, sólidos suspensos sedimentáveis, sólidos suspensos não sedimentáveis, dissolvidos, voláteis e fixos, metais, Fosfato Total, e óleos e graxas.

## 5.5 PROJETO E INSTALAÇÃO DO MEDIDOR DE VAZÕES

Para que fosse possível a medição de vazão de esgotos sanitários, necessitou-se de um sistema que cumprisse esta tarefa de modo efetivo, preciso, simples e econômico.

Várias são as opções de dispositivos e métodos que podem ser utilizados para a medição de vazão. Dentre eles, tem-se o medidor Parshall, cuja descrição e esquema estão apresentadas na Figura 3.2 (seção 3.6).

A definição das dimensões do medidor Parshall baseou-se na população atual e na estimativa preliminar de vazões de esgotos da bacia do ribeirão do Ouro. A medição de vazão de esgotos nesta bacia pode ser realizada por meio de medidor Parshall com dimensão nominal (garganta,  $w$ ) de 2 pés ou 0,61 m. A aquisição da medidor Parshall ficou sob responsabilidade do DAAE - Departamento Autônomo de Águas e Esgotos, que solicitou sua fabricação em fibra de vidro reforçada.

A instalação do medidor Parshall exigiu projeto de locação no interceptor de esgotos. Tal projeto foi elaborado pelo autor do presente trabalho e apresentado ao DAAE - Departamento Autônomo de Águas e Esgotos, que o aprovou e o empreendeu.

## 5.6 PREPARAÇÃO PARA AS COLETAS DE AMOSTRAS

Para o armazenamento das amostras de esgotos, foram adquiridos frascos cuja especificação com relação ao tipo de material e o volume é função dos parâmetros a serem analisados. O volume adequado do frasco deve ser suficiente e maior, para eventual necessidade de repetição de al-

guma análise no laboratório. O material e volume dos frascos para cada parâmetro estão apresentados na Tabela 4.1 (seção 4.4).

Conforme pode-se observar da programação de frequência de coletas, Tabela 5.1, e das técnicas de preservação e armazenamento de amostras, Tabela 4.1, alguns parâmetros exigem coletas de amostras com mesma frequência e possuem recomendações iguais de preservação e armazenamento a serem empregadas. Desta forma, convém unificar, num único frasco com volume maior, as amostras dos parâmetros que possuem tal semelhança e que seriam coletadas separadamente.

A amostra unificada é então submetida a diversas análises físico-químicas para determinação dos diferentes parâmetros característicos de esgotos. Esta unificação só é possível se as análises para determinação dos parâmetros forem feitas no mesmo laboratório, e se as amostras possuírem mesmo tipo de preservação e mesma frequência de coletas.

O esquema de unificação de amostras elaborado é apresentado na Tabela 5.2. Tal esquematização proporcionou a diminuição da quantidade requerida de frascos e também facilitou e permitiu a otimização do trabalho de coleta de amostras.

A identificação das amostras coletadas nos frascos foi realizada empregando-se etiquetas auto-adesivas que incluem as seguintes informações: o número de identificação da amostra; data e local de amostragem; as análises físico-químicas que serão realizadas, o tipo de preservação adotado e o prazo de armazenamento da amostra.

TABELA 5.2- Frascos para as coletas

Identificação da amostra	Parâmetros a analisar	Frequência de coleta	Preservação	Prazo
DQO (250 ml)	DQO	15 min.	H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> até pH<2 Refrigeração a 4°C	7 dias
FLU (500 ml)	Flúor	2 horas	Refrigeração a 4°C	7 dias
DBO (1 litro)	DBO	4 horas	Refrigeração a 4°C	24 horas
ALC (250 ml)	Alcalinidade	6 horas	Refrigeração a 4°C	8 horas
OG (500 ml)	Óleos e Graxas	6 horas	HCl até pH<2 Refrigeração a 4°C	24 horas
MET (500 ml)	Metais	6 horas	HNO <sub>3</sub> até pH<2	180 dias
NIT (500 ml)	Nit. Amoniacal Nit. Orgânico Nit. Nitrato Fosfato Total	6 horas	H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> até pH<2 Refrigeração a 4°C	24 horas
SOL (2 l)	Sólidos Nit. Nitrito	6 horas	Refrigeração a 4°C	24 horas

Exemplos de etiquetas de identificação são:

**Amostra: DQO 96**

Análises a realizar:

DQO

Tipo de preservação:

ácido sulfúrico até pH < 2/refrigeração a 4°C

Prazo de validade: 7 dias

Data: 8/11/95

Horário da coleta: 10:45

**Amostra: NIT 2 (amostra composta)**

Análises a realizar:

Nit. Amoniacal/Nit. Orgânico  
Nit. Nitrato/Fosfato Total

Tipo de preservação:

ácido sulfúrico até pH < 2/refrigeração a 4°C

Prazo de validade: 24 horas

Data: 29/10/95

Horário da coleta: das 1:00 as 6:00

Os recipientes foram antecipadamente etiquetados, enumerados e organizados em seqüência e ordem de coletas.

Para a realização das coletas convocaram-se três funcionários do DAAE - Departamento Autônomo de Águas e Esgotos. Apresentaram-se a eles os objetivos do trabalho, os cuidados e as recomendações que devem ser tomados no momento de coleta. Os funcionários foram treinados para

realização das leituras de vazão, pH, e temperatura e para as coletas de amostras nos frascos preparados, conforme o programa de amostragem. Instruiu-os a anotar em relatórios os valores medidos e outras informações importantes, como as condições locais do sistema, do tempo e fatos que possam interferir nas características das amostras.

Para evitar contaminações ou contato humano com esgoto sanitário, providenciou-se material adequado de proteção individual, tais como máscaras, luvas, capas e botas, utilizados durante a realização das coletas.

Os materiais necessários para efetuar as coletas e para a preservação e o armazenamento das amostras foram previamente obtidos em quantidade suficiente e reserva, para o caso de eventuais imprevistos. Alguns deles são: utensílios de laboratório (pipetas, provetas, béqueres, funis), agentes preservantes químicos, termômetros, pHmetro, frasco coletor de amostras, caixas térmicas, gelo, jarra volumétrica, baldes, papel toalha, panos de limpeza, etc.

Foi instalado poste para iluminação no ponto de coleta situado no medidor Parshall a fim de permitir as coletas de amostras e as leituras de vazões em períodos noturnos ou com pouca luminosidade.

Com as instalações prontas no local de amostragem e a infraestrutura necessária, iniciaram-se as campanhas de coleta de dados e amostras de esgotos.

## **5.7 COLETAS DE DADOS E AMOSTRAS DE ESGOTOS**

As campanhas de coletas de amostras e dados de esgotos sanitários na bacia do ribeirão do Ouro foram realizadas, conforme a programação, nos seguintes dias: 29/10/95 (Domingo), 8/11/95 (Quarta-feira) e 18/11/95 (Sábado).

A primeira campanha de coletas foi iniciada às 7h00min do dia 29/10/95 (Domingo) e encerrada às 7h00min do dia 30/10/95 (Segunda-

feira). A segunda, foi iniciada às 7h00min do dia 08/11/95 (Quarta-feira) e encerrada às 7h00min do dia 09/11/95 (Quinta-feira). E a terceira, foi iniciada às 7h00min do dia 18/11/95 (Sábado) e encerrada às 7h00min do dia 19/11/95 (Domingo).

Cada campanha compreendeu o período de 24 horas consecutivas, realizada ininterruptamente pelo autor do presente trabalho, auxiliado pelos funcionários do DAAE - Departamento Autônomo de Águas e Esgotos, que cumpriam turnos de 8 horas.

Os funcionários encarregaram-se de ir até o ponto de coleta situado no medidor Parshall e fazer a leitura de vazão, coletando-se também amostras de esgotos. As amostras foram coletadas por amostragem simples na frequência de intervalo de 15 minutos. No ato de coleta de amostras, enxaguava-se o frasco com o próprio esgoto a ser coletado, antes de se coletar a porção definitiva de amostra. A amostra coletada era então levada até o local de apoio (casa de bombas do Poço Santa Lúcia), onde eram realizadas as medições de pH e temperatura.

A preservação e armazenamento das amostras coletadas foram realizados pelo autor do presente trabalho, que também, a cada intervalo de uma hora, dirigia-se ao medidor Parshall, fazendo a leitura da vazão (vazão instantânea) e coletava 5 litros de esgotos para realização da composição de amostras.

Das várias quantidades de esgotos coletadas em cada hora, determinaram-se os volumes parciais para compor a amostra final em função dos parâmetros a serem determinados, conforme a equação (4.1) apresentada na seção 4.3.2.

A amostra composta foi então integrada pela mistura dos volumes parciais calculados, em proporção às respectivas vazões, medidas no ato da coleta. A Tabela 5.3 apresenta a composição de amostras da campanha realizada no dia 29/10/95 (Domingo).

**TABELA 5.3 - Composição de amostras DATA : 29/10/95 (Domingo)**

Hora	Vazão inst. (l/s)	N°. Galão (5 l)	Composição para FLU (2 em 2 horas)		Composição para DBO (4 em 4 horas)		Composição para DQO, ALC e COL (6 em 6 horas)		Composição para NIT e MET (6 em 6 horas)		Composição para SOL (6 em 6 horas)		
			Vol. (ml) parcial	Código (Vol.)	Vol. (ml) parcial	Código (Vol.)	Vol. (ml) parcial	Código (Vol.)	Vol. (ml) parcial	Código (Vol.)	Vol. (ml) parcial	Código (Vol.)	
7:00	96	G1	203	<b>FLU 1</b> (500 ml)	144	<b>DBO 1</b> (1 litro)	21	<b>DQO 97</b> (250 ml)	42	<b>NIT 1</b> (500 ml)	168	<b>SOL 1</b> (2 l)	
8:00	141	G2	297		212		30		60		240		
9:00	193	G3	225	<b>FLU 2</b> (500 ml)	290		41		<b>ALC 1</b>		82		<b>MET 1</b>
10:00	235	G4	275		354	50	(250 ml)	100	(500 ml)	400			
11:00	250	G5	250	<b>FLU 3</b> (500 ml)	254	<b>DBO 2</b> (1 litro)	54	<b>DQO 98</b> (250 ml)	108	<b>NIT 2</b> (500 ml)	432		<b>SOL 2</b> (2 l)
12:00	250	G6	250		254		54		108		432		
13:00	250	G1	258	<b>FLU 4</b> (500 ml)	254		43		<b>ALC 2</b> (250 ml)		86	<b>MET 2</b> (500 ml)	
14:00	235	G2	242		238	41	81	324					
15:00	235	G3	275	<b>FLU 5</b> (500 ml)	243	<b>DBO 3</b> (1 litro)	41	<b>DQO 97</b> (250 ml)		81	<b>NIT 1</b> (500 ml)		
16:00	193	G4	225		200		33		66	364			
17:00	272	G5	253	<b>FLU 6</b> (500 ml)	282		47		<b>ALC 1</b> (250 ml)	94		<b>MET 1</b> (500 ml)	376
18:00	265	G6	247		275	46	92	368					

OBS.: As especificações de FLU, DBO, DQO, ALC, COL, NIT, MET e SOL estão apresentadas na Tabela 5.2.

TABELA 5.3 - Composição de amostras (continuação) DATA : 29/10/95 (Domingo)

Hora	Vazão inst. (l/s)	N°. Galão (5 l)	Composição para FLU (2 em 2 horas)		Composição para DBO (4 em 4 horas)		Composição para DQO, ALC e COL (6 em 6 horas)		Composição para NIT e MET (6 em 6 horas)		Composição para SOL (6 em 6 horas)		
			Vol. (ml) parcial	Código (Vol.)	Vol. (ml) parcial	Código (Vol.)	Vol. (ml) parcial	Código (Vol.)	Vol. (ml) parcial	Código (Vol.)	Vol. (ml) parcial	Código (Vol.)	
19:00	235	G1	262	FLU 7 (500 ml)	286	DBO 4 (1 litro)	53	DQO 99 (250 ml)  ALC 3 (250 ml)  DQO 100 (250 ml)  ALC 4 (250 ml)	106	NIT 3 (500 ml)	424	SOL 3 (2 l)	
20:00	214	G2	238		261		48		96		384		
21:00	193	G3	259	235	43		86		344				
22:00	179	G4	240	218	40		80		320				
23:00	154	G5	261	FLU 9 (500 ml)	291	DBO 5 (1 litro)	34		MET 3 (500 ml)	68	272		
0:00	141	G6	239		266		32			64	256		
1:00	129	G1	274	FLU 10 (500 ml)	243	DBO 6 (1 litro)	31	NIT 4 (500 ml)	62	248	SOL 4 (2 l)		
2:00	106	G2	226		200		25		51	204			
3:00	90	G3	250	FLU 11 (500 ml)	111		22		43	172			
4:00	90	G4	250		111		22		43	172			
5:00	141	G5	112	FLU 12 (500 ml)	175		DBO 6 (1 litro)		34	MET 4 (500 ml)		68	272
6:00	487	G6	388		603				117			233	932

OBS.: As especificações de FLU, DBO, DQO, ALC, COL, NIT, MET e SOL estão apresentadas na Tabela 5.2.

Durante a campanha realizada no dia 29/10/95 (Domingo), por volta das 3h30min, iniciou-se chuva forte. Um enorme aumento da vazão de esgotos pôde ser observado no local de coletas a partir das 5h15min. Desta forma, coletaram-se duas amostras compostas proporcionais à vazão durante este período: uma antes do aumento de vazão devido à chuva, e outra durante o período da ocorrência de aumento de vazão. Tal procedimento foi realizado a fim de se comparar os resultados de alguns parâmetros, como DQO, DBO e Sólidos Sedimentáveis, avaliando-se o efeito da chuva nas características do esgoto sanitário.

Ao final das coletas de cada campanha, as amostras, devidamente preservadas e acondicionadas em caixas com isolamento térmico, foram transportadas aos laboratórios para a realização das análises.

## 5.8 ANÁLISES FÍSICO-QUÍMICAS

As análises físico-químicas iniciaram-se logo após as coletas das amostras, que devido a sua grande quantidade, exigiram grande dedicação para a finalização dentro do prazo de armazenamento.

A análise de Flúor não foi possível de ser feita diretamente a partir de uma amostra de esgoto bruto, pois baseia-se na leitura em espectrofotômetro, sujeita a interferências que existem em amostras de esgoto bruto. A AMERICAN PUBLIC HEALTH ASSOCIATION (1995) recomenda realizar, inicialmente, na amostra de esgoto, destilação para o arraste do Flúor da amostra para a porção destilada, a fim de permitir assim a leitura em espectrofotômetro, determinando-se a concentração de Flúor na porção destilada.

Entretanto, observou-se que, durante a destilação das amostras de esgotos, havia também o arraste de substâncias e produtos indesejáveis, semelhantes a parafina, para a porção destilada, que ocasionava entupimentos no destilador e interferências de leituras no espectrofotômetro. Outro inconveniente do procedimento de destilação é a exposição do analista a um alto grau de periculosidade, visto que manuseava-se ácido sulfúrico

concentrado à temperatura de 180°C, exigindo-se uma série de condições de segurança, que o laboratório não oferecia. Tais fatos impossibilitaram a continuidade do trabalho no laboratório do Departamento de Hidráulica e Saneamento da EESC-USP, pois trata-se de local com presença de muitos usuários estudantes, obrigando a busca de outras alternativas para análises de Flúor.

Conforme já observado anteriormente, foram consultados laboratórios especializados e alguns profissionais da área, obtendo-se sugestões, como a utilização de sensores apropriados para determinação de Flúor em águas limpas. Entretanto, para a validação deste procedimento, vários testes deverão ser executados com amostras de esgoto bruto, já que os sensores são recomendados para águas limpas. Não foi possível obter o sensor e nem o equipamento necessário para leitura de concentração de Flúor em tempo hábil para esta pesquisa, e assim, os testes em amostras de esgotos não puderam ser realizados.

As análises de determinação de concentração dos diversos metais nas amostras de esgotos foram realizadas por duas maneiras : uma fazendo-se a digestão das amostras e outra sem fazer a digestão. Este procedimento mostrou-se interessante devido à diferença encontrada nos valores de concentração de metais na amostra digerida e na não digerida.

Ao final das 3 primeiras campanhas realizadas na bacia do ribeirão do Ouro, o medidor Parshall sofreu depredação anônima e apresentou-se totalmente destruído e inutilizável. O DAAE - Departamento Autônomo de Águas e Esgotos solicitou então um novo medidor Parshall ao fabricante, para posteriormente ser instalado na seção do interceptor de esgoto na outra bacia, a do ribeirão das Cruzes, e assim permitir a conclusão das atividades de aquisição de dados conforme a programação inicial prevista. Mas, devido a problemas no cumprimento de prazo de fabricação e entrega do equipamento e na instalação deste na bacia do ribeirão das Cruzes, as coletas de amostras e de dados de esgotos nesta bacia não puderam ser realizadas em tempo hábil para o presente trabalho.

Desta forma, os dados de esgotos sanitários foram obtidos somente para a bacia do ribeirão do Ouro, e todos os resultados e conclusões advindas deste trabalho são específicas para esta bacia, cujas características são apresentadas a seguir.

## **5.9 A BACIA DO RIBEIRÃO DO OURO**

### **5.9.1 GENERALIDADES**

As informações sobre as características gerais da bacia do ribeirão do Ouro permitirão realizar inferências sobre os dados obtidos de esgotos sanitários. Alguns estudos dos principais parâmetros de projetos de sistemas de esgotos serão realizados partindo-se de informações sobre esta bacia.

A bacia do ribeirão do Ouro, que é especificamente estudada, possui área estimada de 51,00 km<sup>2</sup>, ou seja, na ordem de 66% da área do perímetro urbano da cidade, que é de aproximadamente 77,34 km<sup>2</sup>.

### **5.9.2 POPULAÇÃO**

Para a determinação da população na bacia do ribeirão do Ouro, recorreu-se à obtenção de dados por meio do IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Nos recenseamentos realizados por esta instituição, o município é subdividido em diversas áreas, denominadas setores censitários. Em cada setor censitário, o IBGE realiza pesquisas, adquirindo informações a respeito da ocupação populacional. Mediante a consulta nos setores censitários presentes na área delimitada pela bacia do ribeirão do Ouro, pode-se determinar a população nesta bacia e os seus aspectos principais.

Entretanto, como a autorização à consulta destes dados junto à Divisão de Pesquisas (DIPEQ) do IBGE mostrou-se complicada e dispendiosa, optou-se por estimar a população a partir da relação número de habitantes por domicílio.

Segundo estudo demográfico realizado pela empresa SEREC - Serviço de Engenharia Consultiva S/C LTDA (1996)<sup>1</sup>, a relação hab/domicílio na cidade de Araraquara-SP, a exemplo de outras cidades do Estado de São Paulo, vem declinando, passando de 4,17 hab/dom em 1980 para 3,76 hab/dom em 1991. "Este número atesta que, malgrado o déficit de moradias existentes no país, o ritmo de crescimento da oferta de moradias tem sido superior ao da população urbana, tanto em Araraquara-SP como em outras cidades do Estado de São Paulo. É o resultado de medidas como a implementação de conjuntos habitacionais, operações de mutirões, ou mesmo a retomada de construções pela iniciativa privada visando classes de baixa e média rendas. Demonstram os números, também, que Araraquara-SP não atingiu níveis de oferta de empregos suficiente para atrair grandes contingentes populacionais em favelas, cortiços e sub-moradias, o que tem contribuído para a queda da relação hab/domicílio. Se a tendência da queda da relação hab/domicílio foi mantida desde 1991 e se for mantida a longo prazo, a relação atual (1996) deverá estar em torno de 3,62 hab/domicílio".

Assumindo esta taxa e o número de economias atendidas pelo sistema de abastecimento de água como sendo o número de residências, já que as ligações de água servem a 100% da população, pode-se estimar a população pelo produto destas duas grandezas.

O número de economias atendidas com ligações de água na bacia do ribeirão do Ouro, calculado pelo DAAE - Departamento Autônomo de Águas e Esgotos, é de aproximadamente 33.500. O produto deste número com a taxa de 3,62 hab/domicílio resulta na estimativa da população nesta bacia que é de aproximadamente 120.000 habitantes.

---

<sup>1</sup> SEREC (SERVIÇO DE ENGENHARIA CONSULTIVA S/C LTDA). **Sistemas de tratamento de Esgotos de Araraquara-SP - Estudo de Concepção.** Araraquara, 1996.

### 5.9.3 HÁBITOS DA POPULAÇÃO

Uma pesquisa, executada a título de informação complementar e não conclusiva, foi realizada a fim de se ter uma idéia dos hábitos relacionados ao uso de água da população da cidade na bacia do ribeirão do Ouro.

A pesquisa envolveu entrevistas em domicílios, estes escolhidos aleatoriamente, levantando-se as seguintes informações: número de habitantes na residência; consumo médio mensal de água; o destino da instalação de águas pluviais (para a rua ou para o sistema coletor de esgotos); número de vezes por semana de lavagem de quintais (áreas cimentadas ou com piso), ou de veículos; a existência de jardins ou áreas com plantas e árvores; e o tempo de duração destas atividades com uso de água.

Foram entrevistadas somente 50 residências, pois uma pesquisa completa, adequada e conclusiva exigiria um número muito maior de amostras, ou seja de domicílios a serem consultados, condição impossível de se empregar devido às limitações de tempo e dos objetivos principais do trabalho. Além disso, grande dedicação e a aplicação de técnicas psicolinguísticas são necessários para abordar as questões levantadas de forma adequada, com a obtenção de respostas sinceras e informações verdadeiras.

Os resultados desta pesquisa são descritos a seguir, lembrando-se que as informações obtidas fornecem simplesmente um idéia dos hábitos dos moradores na bacia do ribeirão do Ouro. Nas 50 residências pesquisadas, 10 possuem instalações de águas pluviais irregulares, destinando-as ao sistema de esgotos. Com relação ao uso de água para lavagem de quintais ou áreas cimentadas ou com piso, 3 residências não possuem tal tipo de área, 5 lavam-na menos de uma vez por semana, 36 lavam-na de 1 a 2 vezes por semana, e 7 lavam-na de 3 a mais vezes por semana. O tempo médio de uso contínuo de água para esta atividade é de meia a uma hora. Dez das residências pesquisadas possuem jardim ou áreas com

plantas e árvores, utilizando água para a sua irrigação, e 17 residências lavam periodicamente seus próprios veículos (carros, motocicletas, etc.).

#### **5.9.4 TIPO DE OCUPAÇÃO DA ÁREA DA BACIA**

A partir do estudo de zoneamento e uso do solo, realizado pela Prefeitura Municipal de Araraquara-SP, mostra-se que a bacia do ribeirão do Ouro compreende grande parte da zona residencial e comercial, com diversos bairros de diferentes classes sociais, onde encontram-se áreas de baixa, média e alta densidade populacional.

A maior parte da área de alta densidade populacional existente na cidade, na ordem de 50 hab/ha, está presente na bacia do ribeirão do Ouro. Toda a zona central da cidade está nesta bacia assim como as zonas especiais: campus universitário, Ferrovias Paulista SA (FEPASA), aeroporto, terminal rodoviário, via expressa, parque Pinheirinho e comércio. Um diagnóstico da densidade de ocupação populacional realizado em 1994, também pela Prefeitura Municipal, concluiu que mais de 40% dos lotes urbanos localizados dentro do perímetro da cidade estão vazios, ou seja, são áreas não ocupadas.

A bacia do ribeirão do Ouro compreende a maior parte da zona e distritos industriais. As principais indústrias presentes na bacia que produzem despejos líquidos e suas respectivas atividades produtivas são:

Sucocítrico Cutrale Ltda. (sucos cítricos e derivados)

Cervejarias Kaiser Brasil Ltda. (cerveja)

Nigro Alumínio Ltda. (alumínio)

Nestlé Ind. e Com. Ltda. (produtos alimentícios, enlatados, doces)

Minasa TVP S.A. (produtos alimentícios, molhos, maionese)

Sun Home Ind. de Alimentos Ltda. (produtos alimentícios, sucos, chás)

Mac Lub Ind. Metalúrgica Ltda. (galvanoplastia)

Alumínio Ramos Ind. e Com. Ltda. (alumínio)

Joaquim Luiz Caratti M.E. (galvanoplastia)

Segundo levantamento de dados efetuado em Araraquara-SP, na CETESB - Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental do Estado de São Paulo, todas estas indústrias possuem tratamento próprio de seus efluentes. Algumas indústrias, como a Nestlé Ind. e Com. Ltda e Sucocítrico Cutrale Ltda., lançam seus despejos líquidos diretamente no corpo d'água receptor, o ribeirão do Ouro, de classe 4 (classificação segundo uso de águas doces), e as seguintes indústrias lançam seus efluentes no sistema coletor de esgotos: Cervejarias Kaiser Brasil Ltda., Nigro Alumínio Ltda., Minasa TVP S.A., Sun Home Ind. de Alimentos Ltda., Mac Lub Ind. Metalúrgica Ltda., Alumínio Ramos Ind. e Com. Ltda., Joaquim Luiz Caratti M.E. Os dados sobre os tipos de tratamento de efluentes empregados nestas indústrias, assim como as vazões e as características dos despejos líquidos antes e após tratamento foram levantados e são apresentados no Anexo C.

## **5.10 O SISTEMA COLETOR DE ESGOTOS ESTUDADO**

### **5.10.1 GENERALIDADES**

Com relação ao sistema de coleta de esgotos sanitários de Araraquara-SP, este atualmente é composto basicamente por rede coletora, coletores tronco, interceptores e duas estações elevatórias. Existem aproximadamente 49.090 ligações prediais de esgotos, incluindo ligações residenciais, comerciais, industriais, públicas, educacionais e mistas. A extensão da rede coletora de esgotos na cidade é de aproximadamente 620 km e atende a 98% da população.

Segundo o DAAE - Departamento Autônomo de Águas e Esgotos, a rede coletora de esgotos é constituída por tubulação cerâmica com diâmetros que variam de 150 a 200 mm, com juntas de asfalto oxidado e estopa alcatroada, este tipo de junta tem característica elástica, proporcionando ótima estanqueidade das conexões. Da mesma forma os coletores tronco são de tubulação cerâmica e juntas de asfalto e estopa, com diâmetros de 200 a 400 mm. Já os interceptores são constituídos por tubulação de concreto de 500 a 1000 mm, com juntas de argamassa de cimento e areia. O material da maioria dos poços de visita é de alvenaria de tijolo de barro comum, com revestimento interno completo e externo parcial de argamassa, e um pequeno número de poços de visita é de anéis pré-moldados de concreto vidrado.

### 5.10.2 A EXTENSÃO DA REDE COLETORA

A determinação do comprimento total da rede coletora de esgotos pertencente à bacia do ribeirão do Ouro foi realizada por medições das extensões das ruas cuja rede coletora de esgotos está presente. Como 99% das ruas e avenidas contidas nesta bacia apresentam rede de coleta, adotou-se que o comprimento da rede coletora de esgotos seria o comprimento das ruas e avenidas contidas nesta bacia, resultando uma boa estimativa para o comprimento da rede coletora.

A medição das extensões das ruas foi feita a partir de planta da cidade em escala 1:30.000, que continha também o desenho dos coletores tronco e dos interceptores de esgotos na bacia, cujas extensões também foram medidas. Assim, com a medição em escala no mapa das ruas, pôde-se obter a extensão total aproximada da rede coletora de esgotos.

A extensão da rede coletora de esgotos na bacia do ribeirão do Ouro é de aproximadamente 388 km, e a dos coletores tronco e interceptores é de 34 km, totalizando 422 km do sistema coletor público. A estimativa da extensão da rede coletora de esgotos por habitante é de 3,5 m/pessoa.

### 5.10.3 AVALIAÇÃO DAS CONDIÇÕES ATUAIS DE FUNCIONAMENTO DO SISTEMA COLETOR DE ESGOTOS

Segundo diagnóstico do sistema existente realizado pela empresa SEREC - Serviço de Engenharia Consultiva S/C LTDA (1996)<sup>2</sup>, a rede coletora encontra-se, em geral, em bom estado de conservação e manutenção, e tem funcionado normalmente. Os problemas verificados são aqueles geralmente encontrados pelas equipes de operação e manutenção de cidades do mesmo porte, na rotina diária.

Quanto às contribuições acidentais indevidas de águas pluviais no sistema de esgotos sanitários da cidade, deduz-se que apenas uma parte das águas de enxurradas tem acesso ao sistema por meio das tampas dos poços de visita. A maioria das tampas dos poços de visita que existem na rede coletora da cidade não possuem furos, somente uma pequena quantidade de tampas antigas são com furos, e estão sendo gradativamente substituídas.

A grande contribuição de águas pluviais ao sistema de coletas de esgotos ocorre devido às ligações residenciais clandestinas. Grande número de residências da cidade possui ligações irregulares de águas pluviais na rede de esgoto, sobrecarregando o sistema de coleta quando ocorrem chuvas.

O DAAE - Departamento Autônomo de Águas e Esgotos vem, adequadamente, tomando medidas preventivas para evitar tal problema no sistema de esgotos. Desde o ano de 1988, implantou-se uma condição especial para a liberação do *Habite-se*, documento emitido pela prefeitura da cidade que certifica a existência de uma edificação, autorizando e habilitando o proprietário à ocupação da mesma. Para a aprovação do *Habite-se* na prefeitura, há a necessidade de um certificado de vistoria emitido pelo

---

<sup>2</sup> SEREC (SERVIÇO DE ENGENHARIA CONSULTIVA S/C LTDA). *Sistemas de tratamento de Esgotos de Araraquara-SP - Estudo de Concepção*. Araraquara, 1996.

DAAE - Departamento Autônomo de Águas e Esgotos, constatando, por intermédio de visita técnica, a regularidade das instalações hidráulicas e sanitárias incluindo as de águas pluviais.

Outra medida para solução deste problema, adotada pelo DAAE - Departamento Autônomo de Águas e Esgotos, é a realização de vistorias periódicas em residências da cidade, avaliando-se as instalações de águas pluviais. Havendo irregularidades, exige-se do proprietário, mediante uma intimação oficial, a reforma e regularização das instalações. O não cumprimento das referidas exigências resulta em multas aplicadas ao proprietário da edificação irregular, baseadas na legislação municipal vigente.

O tipo de contribuição que ocorre constantemente na rede coletora de esgotos é devido à infiltração de águas subterrâneas. A rede coletora de esgotos, estando abaixo do nível de água do aquífero freático, recebe contribuição de águas "limpas" através das tubulações de esgotos. A quantidade de água infiltrada na rede coletora de esgotos é tanto maior quanto maior for a porção desta abaixo do nível do aquífero freático. A avaliação da rede coletora da bacia do ribeirão do Ouro quanto à submersão foi realizado por um estudo que é apresentado a seguir.

#### **5.10.4 ESTUDO DA SUBMERSÃO DA REDE COLETORA**

O estudo da submersão da rede coletora de esgotos tem a finalidade de verificar qual é a porcentagem desta rede que está abaixo do nível do aquífero freático, ou seja, a quantidade de tubulação da rede de esgotos que está suscetível à ocorrência deste tipo de infiltração.

Para isto, inicialmente o autor deste trabalho desenvolveu estudo dos aquíferos presentes na cidade de Araraquara-SP, com a orientação e o grande auxílio do Geólogo José Luiz G. Mendonça do Departamento de Águas e Energia Elétrica de Araraquara - DAEE.

Objetivando um entendimento melhor deste estudo, apresenta-se breve descrição dos aquíferos e definições importantes para o seguimento desta leitura.

As águas subterrâneas ocorrem em formações geológicas permeáveis conhecidas como aquíferos, isto é, formações que têm estruturas que permitem que uma quantidade apreciável de águas se mova através delas sob condições usuais de campo. A porção da rocha não ocupada por matéria mineral sólida pode ser ocupada pela água subterrânea. Esses espaços são conhecidos como interstícios ou poros (TODD, 1967). Assim, um aquífero é uma camada, material rochoso ou formação geológica capaz de armazenar e permitir a circulação de água através de poros ou fraturas (VILLELA & MATTOS, 1975).

A maioria dos aquíferos são de grande extensão em área, e podem ser visualizados como reservatórios subterrâneos de água. Existem diferentes tipos de aquíferos que são classificados com relação à pressão que atua sobre a água neles contida: os aquíferos livres ou freáticos, que são do interesse neste trabalho, apresentam a maior parte da superfície de água diretamente em contato com a pressão atmosférica, e sua superfície piezométrica (nível de água) é chamada de superfície freática ou também lençol ou nível freático; os aquíferos confinados ou artesianos são limitados por camadas impermeáveis e apresentam a espessura da formação geológica totalmente saturada, com a água submetida a uma pressão superior à atmosférica (LOFFREDO, 1988).

O levantamento dos aquíferos subterrâneos da cidade e as suas características foram obtidos nos cadastros de poços no Departamento de Águas e Energia Elétrica de Araraquara-SP - DAEE, e nos relatórios de empresas de perfuração de poços profundos que realizaram trabalhos na cidade.

Os seguintes dados foram levantados: a localização dos poços de cada aquífero em coordenadas UTM (Universal Transversa de Mercator),

as cotas dos níveis estático e dinâmico dos poços, e a profundidade do nível estático dos poços. Estes dados de poços para os diversos aquíferos foram analisados e compilados no programa *Surfer 5.0 for Windows*, que faz interpolações para a geração de superfícies tridimensionais do nível do aquífero. Os diversos aquíferos levantados foram plotados a partir das cotas dos níveis d'água dos poços, sendo que o de interesse neste trabalho é o aquífero Bauru, que aflora na região de Araraquara-SP. A Figura 5.3 apresenta a delimitação do perímetro urbano da cidade e o nível d'água subterrânea existente na bacia do ribeirão do Ouro. Trata-se da superfície do nível médio de água do aquífero freático que ocorre na área, já que a medição dos níveis dos poços deste aquífero foi realizada em diferentes períodos de sazonalidade. Esta figura tem intenção apenas de ilustrar o nível de água do aquífero Bauru na bacia do ribeirão do Ouro, já que o levantamento deste aquífero foi realizado, exclusivamente, para esta bacia em estudo.

Determinou-se a profundidade média da rede coletora de esgotos pelos desenhos do sistema coletor de esgotos. Adotaram-se os valores das cotas inferiores dos poços de visita da rede coletora como sendo as cotas de fundo das tubulações da rede. Desta forma, para cada prancha desenhada (escala 1:1000) da bacia do ribeirão do Ouro calculou-se a média destas cotas dos poços de visita. Com as cotas das tubulações de esgoto obteve-se o desenho da rede feito também no programa *Surfer 5.0 for Windows*, que pode ser visto na Figura 5.4. Este desenho é também apenas ilustrativo, pois o levantamento da rede de esgotos foi realizado somente para a bacia do ribeirão do Ouro.

Assim, com a superfície do nível do aquífero freático e com o perfil da rede coletora de esgotos, determinou-se que aproximadamente 29% desta rede coletora existente na bacia do ribeirão do Ouro está abaixo do nível do aquífero freático, estando sujeita à infiltração de águas subterrâneas.

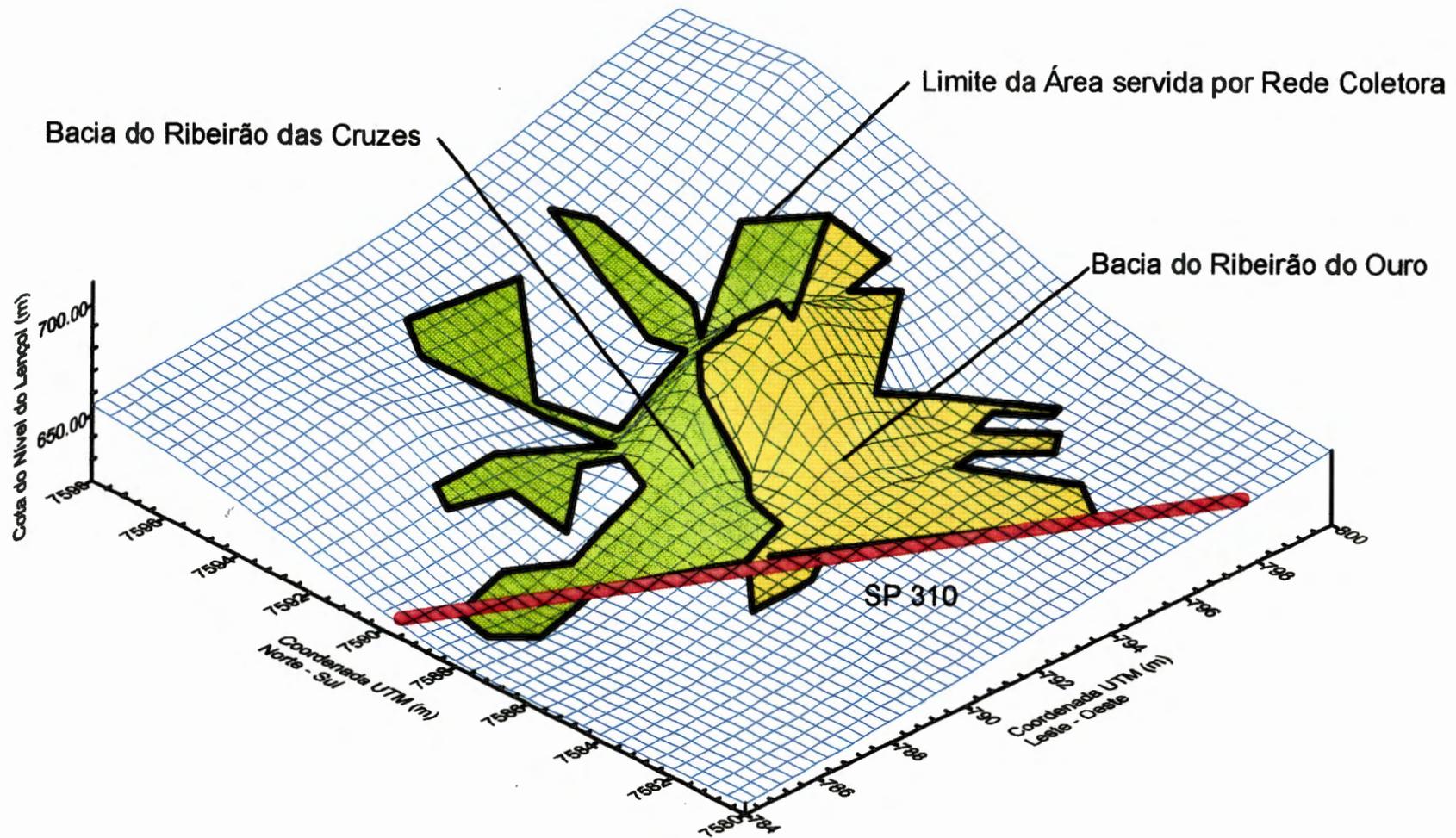


FIGURA 5.3 - Superfície do nível do aquífero freático no subsolo da cidade de Araraquara-SP

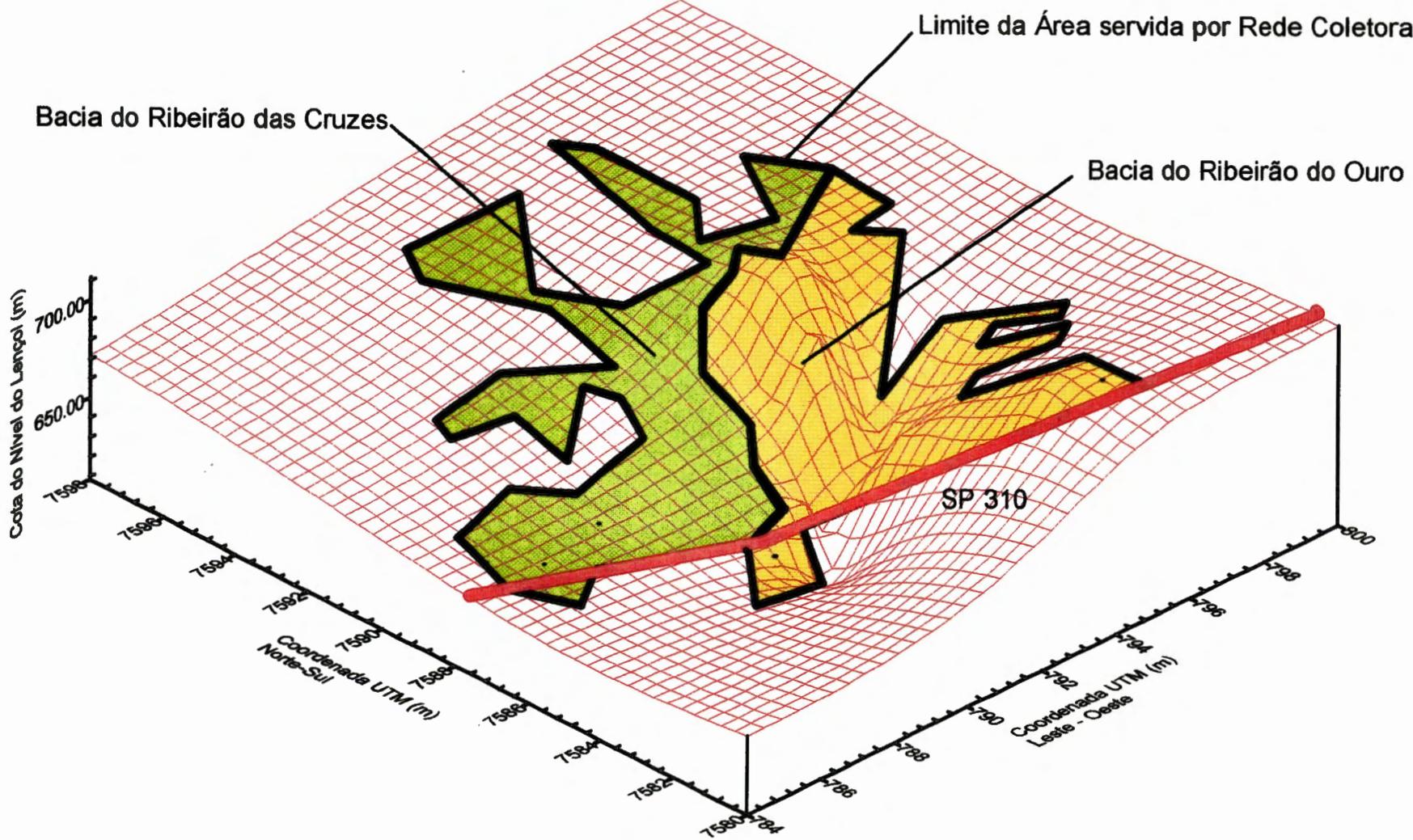


FIGURA 5.4 - Perfil da rede coletora de esgotos na cidade de Araraquara-SP

Estes dados oferecem uma noção do potencial de infiltração na qual a rede está sujeita, permitindo assim uma análise fundamentada do valor da taxa de infiltração que será determinada a partir do método descrito a seguir.

### 5.11 MÉTODO PARA DETERMINAÇÃO DE INFILTRAÇÃO

Os métodos de investigação e medida das infiltrações que têm sido adotados são os seguintes: (AZEVEDO NETTO, 1979)

- Medição de vazões mínimas noturnas em tempo seco (a vazão de infiltração é uma parte dessa vazão medida);
- Medição de vazão em redes que ainda não entraram em serviço (com ligações construídas);
- Medição de vazão em rede de uma área bem delimitada onde, simultaneamente, é medido o consumo de água;
- Medição de vazões na rede em dias que ocorra falta total e prolongada de água.

Neste trabalho, tentou-se aplicar método inédito e consistente para se determinar a infiltração na rede coletora de esgotos, baseado na concentração de Flúor presente nos esgotos e nas águas de abastecimento da cidade. O Flúor que é dosado na água de abastecimento, têm a função de um traçador, pois é um elemento conservativo.

O método proposto consiste em se estimar a infiltração a partir da determinação da concentração de Flúor no esgoto que ocorre devido à entrada de águas limpas pela rede coletora. O valor da concentração de Flúor em águas de abastecimento é conhecido pela dosagem de Fluoretos empregada em Estações de Tratamento de Águas e em valores localizados de amostras coletadas na rede pública de abastecimento. A razão de diluição (concentração de Flúor no esgoto / concentração de Flúor na água de



abastecimento) permite estimar, com certa precisão, a infiltração devido à entrada de águas subterrâneas pela rede coletora, já que estas não possuem tratamento e não apresentam Flúor em sua composição.

O método proposto de estimativa da infiltração pela concentração de Flúor não pôde ser concluído, devido às limitações existentes nos processos analíticos laboratoriais, conforme mencionado na seção 5.8 - Análises físico-químicas. Entretanto, observando-se o grande potencial e a facilidade de determinação da infiltração que o método proposto possa trazer, sugere-se que outras alternativas para determinação da concentração de Flúor no esgoto devam ser empregadas e testadas, a fim de dar continuidade ao trabalho.

Desta forma, para a estimativa indireta do valor da taxa de infiltração (INF), adotou-se outro método, o da medição das vazões mínimas noturnas de esgoto.

Durante o período noturno, quando as atividades com uso de água são menores, percebe-se visualmente a clarificação do esgoto sanitário devida à infiltração. É neste período que há pouca contribuição de esgotos na rede coletora e as vazões de esgoto são mínimas, podendo assim serem estimadas a partir das curvas de variação de vazão.

As curvas de variação de vazão foram obtidas conforme citado anteriormente na seção 5.7 deste capítulo. As leituras das vazões de esgoto foram feitas de 15 em 15 minutos, durante 24 horas para três dias da semana (Domingo, Quarta-feira e Sábado), obtendo-se as curvas de variação de vazão ao longo destes três dias. A partir destas curvas é possível determinar as vazões mínimas noturnas de esgotos.

As curvas de variação de vazão, assim como as de variação de DQO, pH e temperatura, e também os valores de concentração dos diversos parâmetros de caracterização de esgotos são apresentados no capítulo seguinte.

## **CAPÍTULO 6**

# **RESULTADOS E DISCUSSÕES**

### **6.1 CONSIDERAÇÕES GERAIS**

Neste capítulo apresentam-se os dados obtidos nas três campanhas de coleta de dados e amostras de esgotos sanitários, realizadas na bacia do ribeirão do Ouro nos dias: 29/10/95 (Domingo); 08/11/95 (Quarta-feira) e 18/11/95 (Sábado).

Os resultados apresentados envolvem as seguintes variáveis e parâmetros: variação de vazão, de pH, de temperatura e de DQO ao longo do período de 24 horas; correlação linear entre vazão e DQO; períodos de máximos e mínimos valores de DQO e vazão; valores médios de concentração dos diversos parâmetros físico-químicos: DBO, DQO, Nitrogênio (várias formas), alcalinidade, sólidos (diversas formas), Fósforo, óleos e graxas; valores médios de DQO segundo diferentes métodos de determinação; relação DQO/DBO; efeito da chuva nos valores de concentração de DQO, DBO e sólidos sedimentáveis.

Além disso, são determinados e discutidos os valores dos principais parâmetros de projeto de sistemas de esgotos sanitários: taxa de infiltração; coeficiente de variação de vazão: o de máxima vazão horária (K2) e o de mínima vazão horária (K3); coeficiente de retorno (C); coeficiente de esgoto per capita ( $q_0$ ); DBO per capita; SST per capita e DQO per capita.

E por fim, apresenta-se o estudo realizado para a determinação da quantidade de amostras e da frequência de coletas a serem adotados para a caracterização de esgotos sanitários.

## 6.2 VARIAÇÃO DE VAZÃO, DQO, pH E TEMPERATURA

As variações de vazão, pH, temperatura e DQO ao longo do período de 24 horas são apresentadas pelas curvas das Figuras 6.1, 6.2, 6.3 e 6.4. Os valores dos dados adquiridos que geraram estas curvas estão listadas no Anexo A.

Conforme se observa na Figura 6.1, houve grande aumento de vazão de esgoto sanitário na madrugada de Domingo para Segunda-feira, a partir das 5h00min. Este fenômeno ocorreu devido à intensa chuva que iniciou-se às 3h00min.

O aumento na vazão de esgoto pode ser explicado pela quantidade de águas pluviais que tem acesso ao sistema coletor de esgotos na bacia do ribeirão do Ouro, da cidade de Araraquara-SP. Segundo avaliação da rede coletora, apresentado anteriormente na seção 5.10.3, e por meio da pesquisa realizada sobre os hábitos de uso de água da população, seção 5.9.3, deduz-se que grande número de residências da cidade possui ligações irregulares de águas pluviais na rede de esgotos, sobrecarregando o sistema coletor quando ocorrem chuvas.

As conseqüências do aumento de vazão instantânea são preocupantes para o sistema de esgotamento e para a estação de tratamento de esgotos. Além do choque hidráulico no sistema coletor e nas unidades de tratamento, os processos biológicos podem ser sensíveis à variação brusca que ocorre também na concentração do esgoto devida à cargas pluviais.

As águas pluviais são coletadas de telhados, pátios, quintais, calçadas, ruas e outras áreas. Estas lavam a superfície do terreno e, quando contribuem ao sistema de esgotamento sanitário, alteram também, momentaneamente, as características típicas de esgotos. Isto pode ser observado

na curva de variação de DQO do dia 29/10/95 (Domingo), Figura 6.2, pelo aumento da concentração de DQO devido às chuvas.

O trabalho realizado por GOMES (1981), em que se estudou a qualidade das águas pluviais da cidade de São Carlos-SP, confirmou que a tendência geral na variação de carga poluidora, por exemplo, a DQO, é a ocorrência, no início de chuva, de um valor bem elevado nos primeiros fluxos de águas pluviais. Nota-se, posteriormente, com o aumento do fluxo de águas pluviais, comportamento de decréscimo nas concentrações de DQO, e, com o passar do tempo, os valores tornam-se mais reduzidos. Como no dia 29/10/95 (Domingo) o trabalho de coleta de amostras finalizou-se logo após a verificação do aumento da carga de DQO, não se pôde observar maior diminuição nos valores médios de DQO.

Outro fato observado na Figura 6.2 é que a variação de DQO é muito oscilante, atingindo vários valores de pico ao longo do dia, fato que pode ser explicado pelas contribuições industriais, já que muitas indústrias, citadas na seção 5.9.4, com diferentes atividades estão localizadas na bacia do ribeirão do Ouro e, algumas delas, lançam seus despejos líquidos, intermitentemente.

Esta também é a possível explicação para os momentâneos valores altos de pH em certos instantes de tempo ao longo do dia, observados na curva de variação de pH, Figura 6.3.

Observando-se a curva de variação de Temperatura no dia 8/11/95 (Quarta-feira), percebe-se que um grande aumento da temperatura do esgoto ocorreu por volta das 1h15min às 2h45min, atingindo valores de até 35°C. Este fato pode ser explicado por algum tipo de contribuição industrial, que eventualmente esteja associada a alguma operação por batelada, que produziu a formação de uma "nuvem" de vapor d'água no local de amostragem.

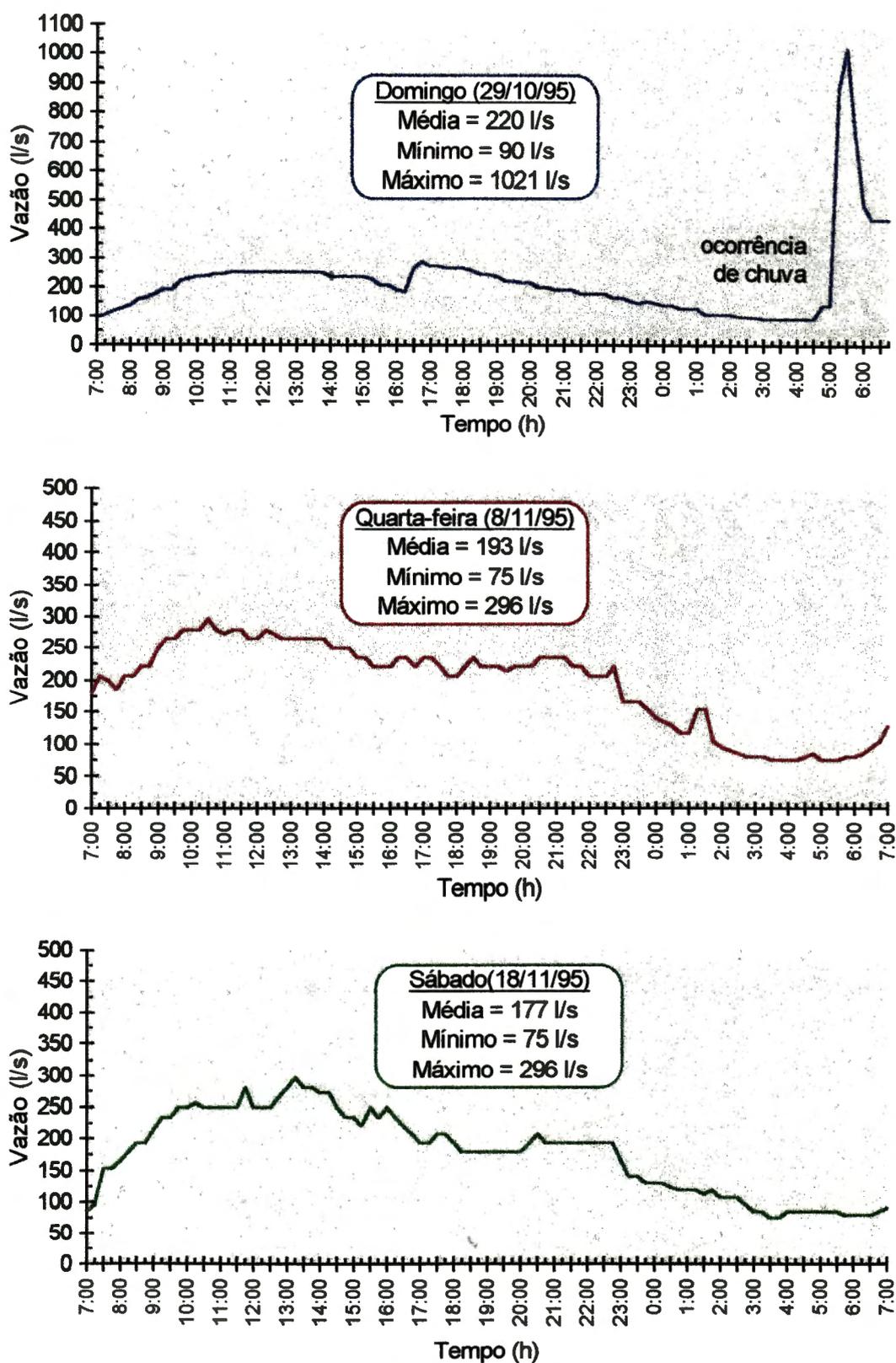


FIGURA 6.1 - Variação da vazão (l/s) de esgoto sanitário em três dias distintos, com leituras durante 24 horas, em intervalos de 15 minutos.

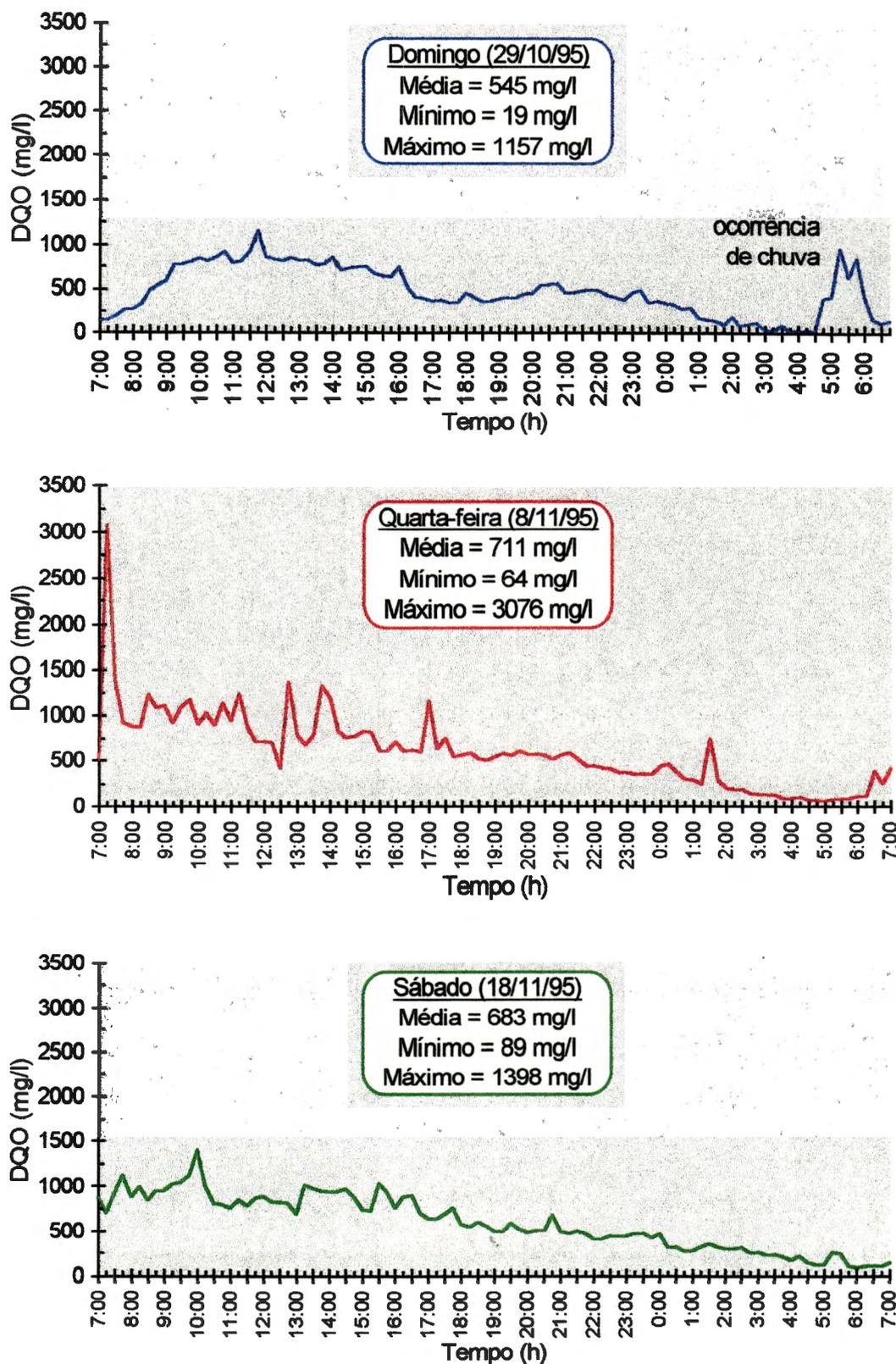


FIGURA 6.2 - Variação da DQO (mg/l) de esgoto sanitário em três dias distintos, com valores obtidos durante 24 horas, em intervalos de 15 minutos.

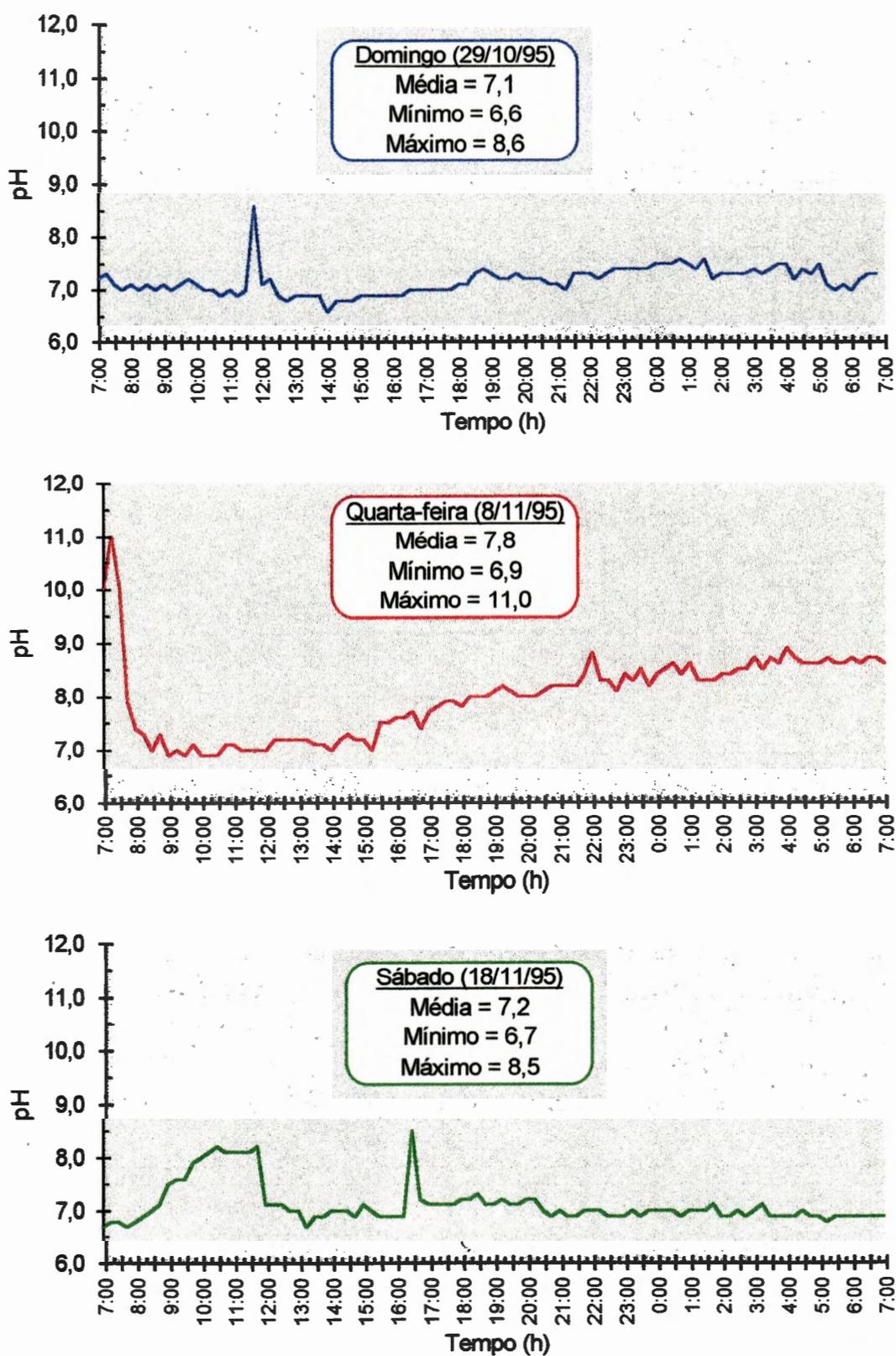


FIGURA 6.3 - Variação de pH de esgoto sanitário em três dias distintos, com medições durante 24 horas, em intervalos de 15 minutos.

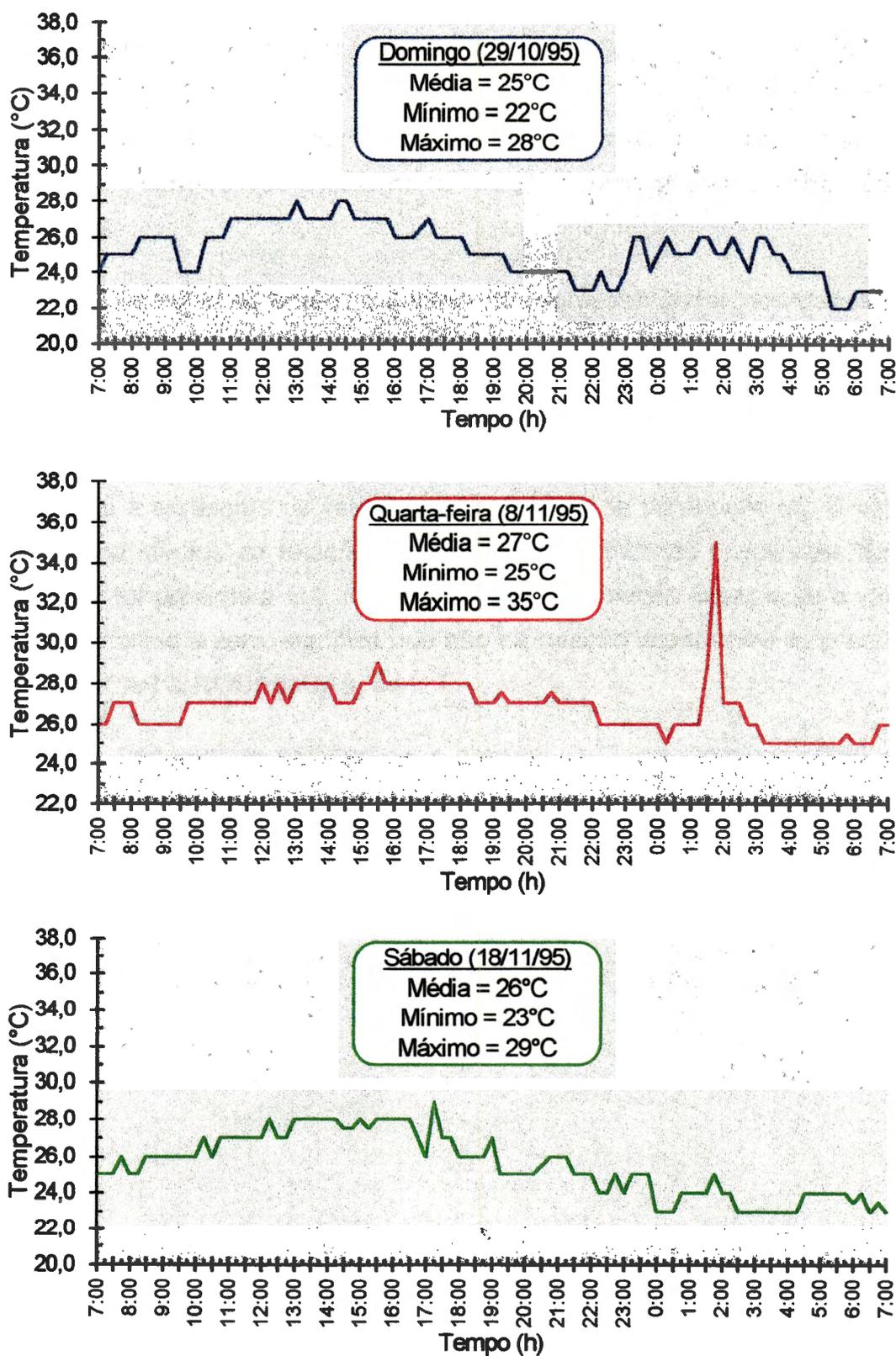


FIGURA 6.4 - Variação de Temperatura (°C) de esgoto sanitário em três dias distintos, com medições durante 24 horas, em intervalos de 15 minutos.

### 6.3 CORRELAÇÃO LINEAR ENTRE VAZÃO E DQO

Observando as curvas de variação de vazão e de DQO, Figuras 6.1 e 6.2, infere-se que existe certa relação, ponto a ponto, entre estas grandezas.

Realizou-se então, a análise de regressão linear nos dados de vazão e de DQO, separadamente, para cada dia (Domingo, Quarta-feira, e Sábado) a fim de avaliar a relação entre estas grandezas.

A Figura 6.5 mostra o ajuste dos dados pelo método dos mínimos quadrados e apresenta os valores do coeficiente de correlação ( $r$ ). O valor de  $r$  é uma medida da relação linear entre as grandezas envolvidas. Se o valor de  $r$  for próximo a  $\pm 1$ , tem-se uma grande relação linear e se o valor de  $r$  for próximo a zero, significa que não há relação linear entre as grandezas (ACHCAR & RODRIGUES, sd.).

Portanto os valores de  $r$  obtidos (0,77 no Domingo; 0,66 na Quarta-feira e 0,82 no Sábado) indicam uma razoável relação linear entre a DQO e a vazão nestes dias. As equações de correlação linear entre DQO e vazão estão apresentadas nos quadros da Figura 6.5.

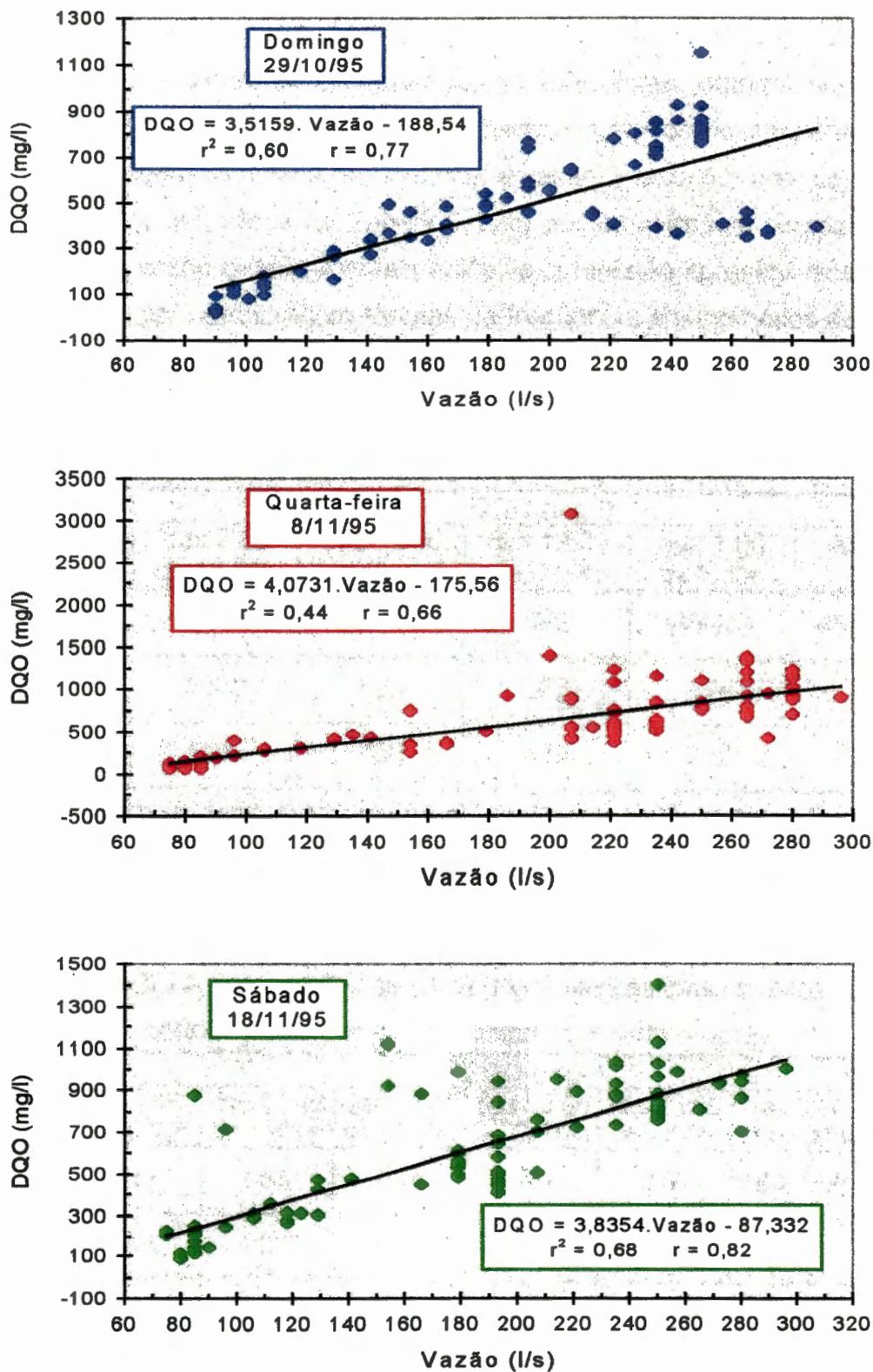


FIGURA 6.5 - Correlação linear entre DQO e Vazão de esgotos para três dias distintos.

#### 6.4 VALORES DA CONCENTRAÇÃO MÉDIA DE DQO

Os valores de concentração de DQO foram determinados pelas análises de amostras coletadas por diversos métodos de amostragem: a) por amostragem composta proporcional à vazão a cada 6 horas, cujos valores estão apresentados na Tabela 6.1; b) por amostragem composta proporcional à vazão a cada 4 horas, cujos valores estão apresentados na Tabela 6.2; c) por amostragem simples na frequência em intervalos de 15 minutos, conforme variação apresentada na curva da Figura 6.2.

TABELA 6.1 - Valores de DQO (mg/l) em três dias distintos obtidos por amostragem composta a cada 6 horas.

Data	DQO (mg/l)				Média
	das 7:00 as 12:00h	das 13:00 as 18:00h	das 19:00 as 0:00h	das 1:00 as 6:00h	
29/10/95 Domingo	658	458	363	365/151*	458/395*
08/11/95 Quarta	1030	820	483	174	726
18/11/95 Sábado	934	760	489	213	677

\* Obs.: Outra amostra composta foi coletada das 1h00min as 5h00min, antes do aumento de vazão devido à ocorrência da chuva, e apresentou valor de DQO de 151,0 mg/l.

TABELA 6.2- Valores de DQO (mg/l) em três dias distintos obtidos por amostragem composta a cada 4 horas.

Data	DQO (mg/l)						Média
	das 7:00 as 10:00h	das 11:00 as 14:00h	das 15:00 as 18:00h	das 19:00 as 22:00h	das 23:00 as 2:00h	das 3:00 as 6:00h	
29/10/95 Domingo	742	880	684	483	376	860/153*	714/536*
08/11/95 Quarta	948	927	902	680	387	192	768
18/11/95 Sábado	1130	936	758	620	380	197	760

\* Obs.: Outra amostra composta foi coletada das 3h00min as 5h00min, antes do aumento de vazão devido à ocorrência da chuva, e apresentou valor de DQO de 153,0 mg/l.

Os valores médios de concentração de DQO foram então calculados por diferentes determinações: a) Pela média ponderada dos valores obtidos de amostras compostas coletadas a cada 6 horas, Tabela 6.1, em que os pesos são as vazões médias que ocorriam nos períodos de 6 horas; b) Pela média ponderada dos valores obtidos de amostras compostas coletadas a cada 4 horas, Tabela 6.2, em que os pesos são as vazões médias que ocorriam nos períodos de 4 horas; c) Pela média ponderada dos valores obtidos de amostras coletadas na freqüência de 15 minutos, em que os pesos são as vazões instantâneas medidas nesta freqüência; e d) Pela média aritmética dos valores obtidos de amostras coletadas na freqüência de 15 minutos. Os valores médios de DQO, determinados segundo os diferentes métodos, estão apresentados na Tabela 6.3.

TABELA 6.3 - Valores médios de DQO (mg/l), segundo os métodos de determinação

Método	DQO (mg/l)			
	Domingo (29/10/95)	Quarta (08/11/95)	Sábado (18/11/95)	Média dos 3 dias
Média ponderada dos valores obtidos de amostras compostas coletadas a cada 4 horas	714	768	760	747
Média ponderada dos valores obtidos de amostras compostas coletadas a cada 6 horas	458	726	677	620
Média ponderada dos valores obtidos por amostras coletadas na freqüência de 15 minutos	545	711	683	646
Média aritmética dos valores obtidos por composição em períodos de 4 horas	475	610	591	559

Observa-se na Tabela 6.3, diferença razoável nos valores médios de DQO obtidos por diferentes métodos. Esta diferença pode ser melhor visualizada no gráfico da Figura 6.6.

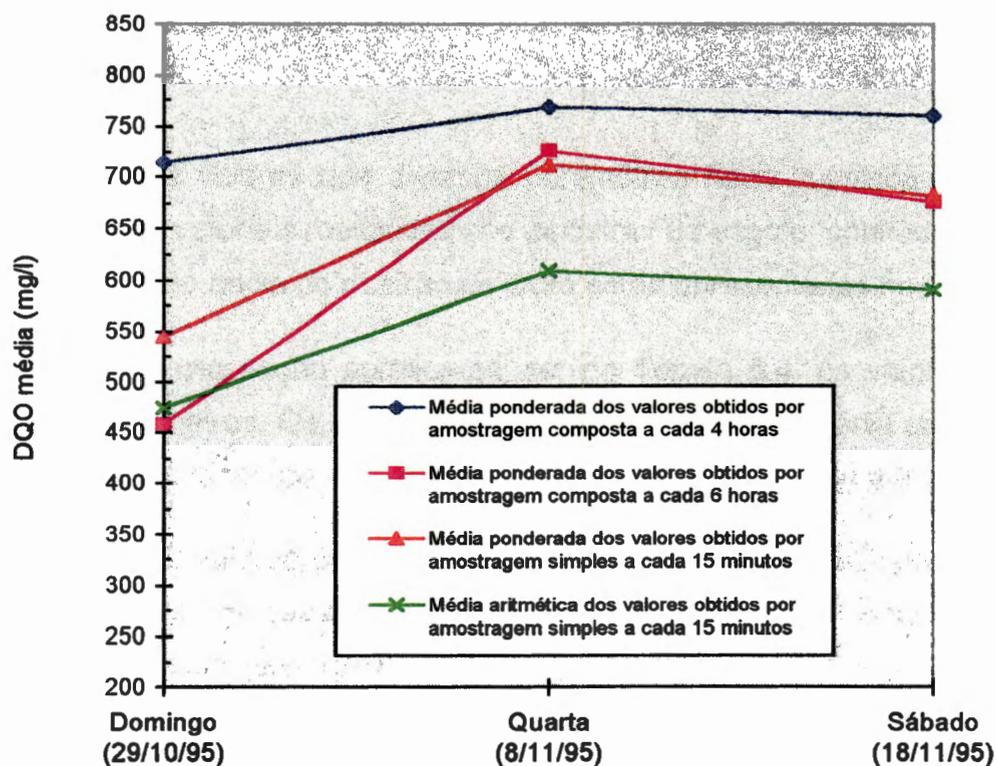


FIGURA 6.6- Valores médios de DQO (mg/l) obtidos por diferentes métodos de determinação

Observa-se que os valores da DQO média nos três dias, calculados pelo método da “média ponderada dos valores obtidos por amostragem simples a cada 15 minutos”, situaram-se entre os valores de DQO média calculados pelos outros métodos.

Este método possui o maior número de dados (96 valores de DQO) e pondera os valores de DQO com os valores de vazão (média ponderada) para a determinação do valor da DQO média e portanto, parece ser o mais adequado e representativo.

Assim, os valores médios de DQO considerados nos resultados subseqüentes deste trabalho são os valores de DQO média calculados por este método.

## 6.5 VALORES MÉDIOS DOS PRINCIPAIS PARÂMETROS DE ESGOTOS SANITÁRIOS

Os valores dos diversos parâmetros físico-químicos obtidos de análises laboratoriais realizadas nas amostras de esgoto, coletadas nas três campanhas na bacia do ribeirão do Ouro estão apresentados no Anexo B.

Nesta seção apresentam-se, na Tabela 6.4, os valores médios destes parâmetros. Os valores apresentados na coluna *Média dos três dias* são médias aritméticas dos valores dos parâmetros em cada dia.

Os valores de volume diário de esgotos ( $m^3/dia$ ) são estimados pela integração de cada curva Vazão x Tempo, Figura 6.1, ou seja, pelo cálculo da área sob esta curva.

A carga orgânica é produto do valor de concentração de DBO pela vazão média, ou seja:

$$\text{Carga Orgânica (kgDBO/dia)} = \text{DBO (mg/l)} \times \text{Vazão (l/s)} \times 0,0864 \quad (6.1)$$

A carga poluidora é calculada pela multiplicação do valor de concentração de Sólidos Suspensos Totais com a vazão, pela seguinte expressão:

$$\text{Carga Poluidora (kgSST/dia)} = \text{Sól. Susp. Totais (mg/l)} \times \text{Vazão (l/s)} \times 0,0864 \quad (6.2)$$

TABELA 6.4 - Valores médios dos parâmetros de esgotos sanitários na bacia do ribeirão do Ouro da cidade de Araraquara-SP em três dias distintos.

Parâmetro	29/10/95 Domingo	08/11/95 Quarta	18/11/95 Sábado	Média dos 3 dias
DBO <sub>5</sub> (mg/l)	267	283	424	325
DQO (mg/l)	545	711	683	646
Sól. Suspensos Totais (mg/l)	323	248	207	259
Sól. Dissolvidos Totais (mg/l)	261	378	335	325
Sól. Totais (mg/l)	584	626	541	584
Sól. Sedimentáveis (mg/l)	5,7	5,0	5,2	5,3
Nitrogênio Total (mg/l)	41,6	49,5	41,8	44,3
Nit. Amoniacal (mg/l)	30,3	21,8	23,8	25,3
Nit. Nitrato (mg/l)	2,6	2,4	2,3	2,4
Nit. Nitrito (mg/l)	0,05	0,02	0,01	0,03
Fósforo Total (mg/l)	17,1	18,1	15,5	16,9
Óleos e Graxas (mg/l)	15,3	5,7	21,2	14,0
Alcalinidade (CaCO <sub>3</sub> ) (mg/l)	40,6	85,9	82,4	69,7
pH (unid.)	7,1	7,8	7,2	7,4
Temperatura (°C)	25	27	26	26
Vazão (l/s)	220	193	177	197
Volume de esgoto (m <sup>3</sup> /dia)	18.800	16.600	15.300	16.900
Carga Orgânica (kgDBO/dia)	5.075	4.720	6.484	5.426
Carga Poluidora (kgSST/dia)	6.140	4.135	3.166	4.480

## 6.6 RELAÇÃO DQO / DBO

Considerando-se que a DBO só indica os resultados do consumo de oxigênio consumido na degradação de uma parcela das substâncias computadas pela DQO, o valor de DBO é quase sempre inferior ao da DQO. Quando o esgoto apresenta relação DQO/DBO muito grande, isto indica a presença de matéria orgânica não biodegradável, ou presença de substâncias tóxicas.

A relação DQO/DBO permite, por meio de correlação, a obtenção do valor aproximado de DBO para um mesmo despejo líquido pelo valor de DQO. Como o método de análise da DQO é mais rápido e barato, a relação DQO/DBO mostra-se útil quando não é possível a realização da análise de DBO.

Os valores de DQO e de DBO para a obtenção da relação DQO/DBO foram obtidos por amostragem composta proporcional à vazão em períodos a cada 4 horas. Esses valores e os da relação DQO/DBO calculados são apresentados na Tabela 6.5.

TABELA 6.5 - Relação DQO/DBO

Média	Período de amostragem composta						Média
	das 7:00 as 10:00	das 11:00 as 14:00	das 15:00 as 18:00	das 19:00 as 22:00	das 23:00 as 2:00	das 3:00 as 6:00	
DQO (mg/l)	940	914	781	594	381	181	747
DBO (mg/l)	424	440	342	274	181	55	325
Relação DQO/DBO	2,2	2,1	2,3	2,2	2,1	3,3*	2,3

\* Percebe-se valor diferente e maior da relação DQO/DBO quando há contribuição de águas pluviais no esgoto sanitário devido à chuva. Isto pode indicar que as substâncias carregadas pelas águas pluviais que tem acesso ao esgoto sanitário possuem degradabilidade biológica menor que a química.

Observa-se que a relação DQO/DBO mantém-se aproximadamente constante para as diversas amostras analisadas. A fim de verificar se existe uma certa correlação entre as grandezas DQO e DBO, com os dados da Tabela 6.5, compõe-se o gráfico da Figura 6.7.

Com base na análise de regressão linear, pode-se ajustar uma reta pelo método dos mínimos quadrados. Como o valor do coeficiente de correlação ( $r$ ) é de 0,995, pode-se afirmar que existe uma ótima relação linear entre DQO e DBO, obtendo-se a equação de correlação entre estas grandezas, que é apresentada no quadro da Figura 6.7.

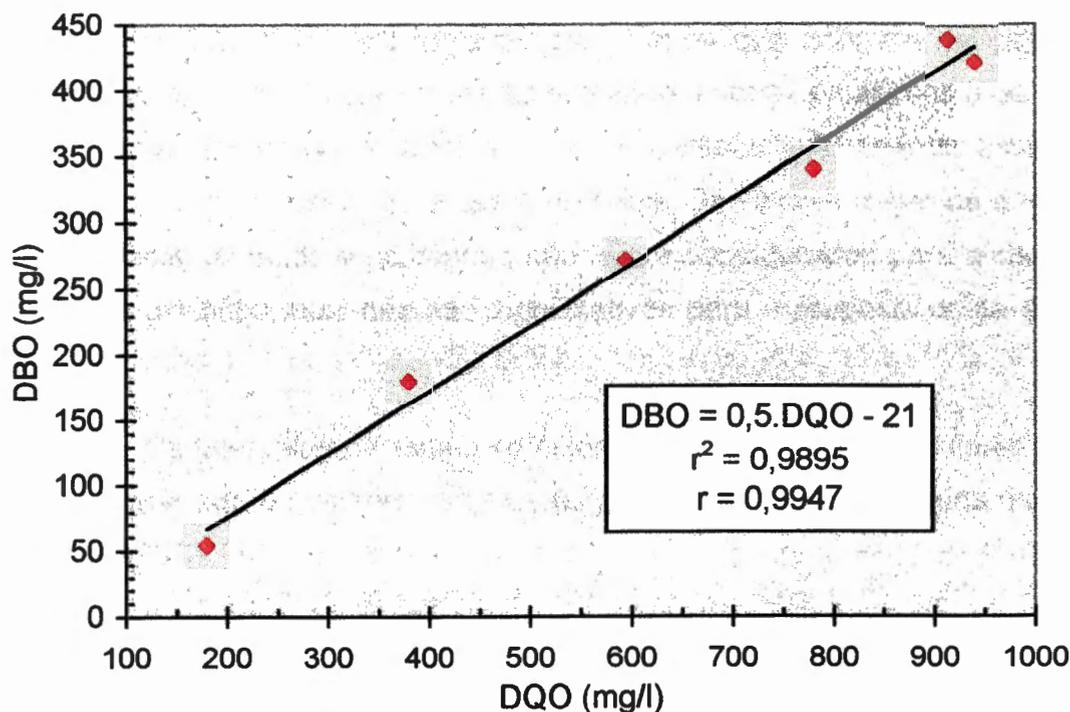


FIGURA 6.7 - Relação DQO/DBO.

## 6.7 PERÍODOS DE MÍNIMOS VALORES E PERÍODOS DE MÁXIMOS VALORES DE VAZÃO E DE DQO

Conforme pode-se observar nas curvas de variação de DQO e de vazão, Figuras 6.1 e 6.2, a vazão e a concentração do esgoto variam ao longo das 24 horas, atingindo valores máximos e mínimos em horários e períodos semelhantes.

O conhecimento dos períodos em que ocorrem os valores máximos e os valores mínimos de vazão e de DQO é importante para o estabelecimento de uma programação de coleta de dados e amostras de esgotos, quando se deseja determinar estes valores.

O critério usado para conseguir os períodos de máximos valores e de mínimos valores baseou-se nos valores obtidos de vazão e de DQO de esgotos, mostrados nas Figuras 6.1 e 6.2.

Ordenaram-se os valores de DQO e de vazão de esgotos distintamente nos três dias para localizar os horários que ocorrem os valores máximos e mínimos. Selecionaram-se os maiores valores máximos e os menores valores mínimos, relativos a horários consecutivos, criando assim o intervalo de tempo associado a estes horários. Os valores máximos e mínimos pontuais, isolados e acidentais não foram considerados para a delimitação dos períodos, pois não são significativos para a proposta deste estudo.

Os intervalos de tempo selecionados e o período de valores máximos e o período de valores mínimos sugeridos estão apresentados na Tabela 6.6 e 6.7.

TABELA 6.6 - Períodos de máximos e de mínimos valores de vazão.

	Intervalo de tempo contendo os valores máximos de Vazão	Intervalo de tempo contendo os valores mínimos de Vazão
Domingo (29/10/95)	a) das 5h15min às 6h45min* b) das 16h45min às 18h00min	das 3h00min às 4h30min
Quarta-feira (8/11/95)	das 9h45min às 11h30min	das 3h30min às 5h30min
Sábado (18/11/95)	das 11h45min às 13h45min	das 3h30min às 5h30min
Período sugerido	das 10h00min às 13h00min	das 3h00min às 6h00min

\*OBS.: Domingo (29/10/95) foi um dia atípico devido às intensas chuvas que ocorreram durante a campanha de coleta de dados e amostras de esgotos sanitários. Para este estudo, dois períodos de intervalos de tempo foram obtidos: a) considerando-se os valores máximos devido à ocorrência de chuva; e b) desprezando-se os valores relacionados com a ocorrência de chuva.

Percebe-se que, mesmo desprezando-se os valores relacionados com a ocorrência de chuva, o período de máximos valores de vazão (das

16h45min às 18h00min) não é próximo aos períodos de máximos valores dos outros dias. A explicação provável para esta observação é que, apesar do tempo ter permanecido nublado durante a maior parte do dia e não ter sido observado chuvas no local de coleta de amostras e dados, pode ter ocorrido chuvas localizadas em outras áreas da bacia, com contribuição de águas pluviais para o esgoto coletado no emissário da bacia estudada. Portanto os períodos de máximos valores determinados neste dia não serão considerados por não serem representativos de eventos e condições normais.

TABELA 6.7 - Períodos de máximos e de mínimos valores de DQO.

	Intervalo de tempo contendo os valores máximos de DQO	Intervalo de tempo contendo os valores mínimos de DQO
Domingo (29/10/95)	das 10h30min às 12h00min	das 3h00min às 4h30min
Quarta-feira (8/11/95)	das 11h15min às 14h00min	das 3h45min às 5h45min
Sábado (18/11/95)	das 9h00min às 11h00min	das 4h45min às 6h45min
Período sugerido	das 10h00min às 13h00min	das 3h00min às 6h00min

Observa-se que nos três dias os valores máximos e mínimos ocorreram em períodos relativamente semelhantes, devido a vazão e a DQO possuírem uma certa tendência de variação ao longo do tempo. Por este motivo é válido recomendar os períodos sugeridos de máximo e mínimos valores, apresentados nas últimas linhas das Tabelas 6.6 e 6.7.

Apesar dos intervalos de tempo nos períodos sugeridos serem grandes e abrangentes, é importante ter em mente a possibilidade da ocorrência dos valores máximos e mínimos das características de esgotos fora deste intervalo devido à variação de hábitos e costumes dos moradores em outras localidades. O período sugerido de valores máximos e mínimos é

somente uma referência da possibilidade destes valores estarem nos intervalos de tempo indicados, fornecendo apenas um passo inicial útil na caracterização de esgotos sanitários de cidades, economizando-se tempo e custos.

## 6.8 VALORES MÁXIMOS E MÍNIMOS DE DQO E DE VAZÃO

Os valores máximos e mínimos de DQO e vazão considerados não são aqueles determinados diretamente por comparação dos valores obtidos. Acredita-se que é mais significativa a estimativa dos valores máximos pela média dos valores que ocorrem nos períodos de máximos valores e a estimativa dos valores mínimos pela média dos valores que ocorrem nos períodos de mínimos valores.

Os valores máximos de DQO e vazão foram calculados pela média aritmética dos maiores valores que ocorriam no período de máximos valores. Os valores mínimos de DQO e vazão foram calculados pela média aritmética dos menores valores que ocorriam no período de mínimos valores. Os valores máximos e mínimos de DQO estão apresentados na Tabela 6.8, e os valores máximos e mínimos de vazão na Tabela 6.9.

TABELA 6.8 - Valores de DQO máxima e DQO mínima (mg/l)

	DQO máxima (mg/l) (média dos valores máximos)	DQO mínima (mg/l) (média dos valores mínimos)
Domingo (29/10/95)	906 mg/l (das 10h30min às 12h00min)	38 mg/l (das 3h00min às 4h30min)
Quarta-feira (8/11/95)	903 mg/l (das 11h15min às 14h00min)	87 mg/l (das 3h45min às 5h45min)
Sábado (18/11/95)	986 mg/l (das 9h00min às 11h00min)	140 mg/l (das 4h45min às 6h45min)
Média	932 mg/l	88 mg/l

TABELA 6.9 - Valores de vazão máxima e vazão mínima (l/s)

	Vazão máxima (l/s) (média dos valores máximos)	Vazão mínima (l/s) (média dos valores mínimos)
Domingo (29/10/95)	632* (das 5h15min às 6h45min)	90 l/s** (das 3h00min às 4h30min)
Quarta-feira (8/11/95)	281 l/s (das 9h45min às 11h30min)	77 l/s (das 3h30min às 5h30min)
Sábado (18/11/95)	270 l/s (das 11h45min às 13h45min)	83 l/s (das 3h30min às 5h30min)
Média	275 l/s	83 l/s

\* Domingo (29/10/95) foi um dia atípico devido às intensas chuvas que ocorreram durante a campanha de coleta de dados e amostras de esgotos sanitários. Para este dia os valores de vazão máxima não são representativos de eventos normais e portanto não são incluídos no cálculo da média.

\*\* O valor da vazão mínima, determinada no período das 3h00min às 4h30min, também não é representativo, pois possivelmente inclui contribuições de águas pluviais devido ao chuveiro que se iniciou às 2h30min.

## 6.9 VAZÃO DE INFILTRAÇÃO

Parte das vazões mínimas de esgoto determinadas na seção 6.8, que ocorrem durante o período de valores mínimos, é devida à infiltração, que ocorre continuamente na rede coletora. Ou seja, a vazão mínima do esgoto é composta de duas parcelas principais: a contribuição do esgoto (esgoto propriamente dito, produto de "vazamentos de água" nas casas, etc.), e a contribuição das águas de infiltração.

Para computar somente a vazão contribuinte de infiltrações que ocorrem no período de mínimos valores, baseou-se no princípio de que as águas de infiltração diluem o esgoto, diminuindo os valores médios das suas concentrações, por exemplo, DQO. Os cálculos da vazão de infiltração partem da concentração do esgoto no período noturno (DQO mínima) que é

a média ponderada entre a concentração de esgoto (DQO esg) sem diluição e a concentração das águas de infiltração (DQO infiltr), sendo que os respectivos pesos são: a vazão de esgoto (V esg) e a vazão de infiltração (V infiltr). Ou seja:

$$\text{DQO mínima} = \frac{(V \text{ esg} \cdot \text{DQO esg}) + (V \text{ infiltr} \cdot \text{DQO infiltr})}{(V \text{ esg} + V \text{ infiltr})} \quad (6.3)$$

Tem-se então nesta expressão duas incógnitas a determinar (V infiltr e V esg) e os seguintes dados disponíveis: a concentração das águas de infiltração (DQO infiltr), que é relativamente nula, conforme verificação analítica; a concentração do esgoto puro (DQO esg), e a soma da vazão de infiltração com a vazão do esgoto puro (V infiltr + V esg) que é a vazão mínima.

A adoção da DQO do esgoto (DQO esg) como sendo a DQO média do esgoto no período de 24 horas (DQO média), resulta num valor aproximado, sendo influenciado, de um lado, pelas diluições que ocorrem continuamente devidas à infiltração, que diminuem o valor verdadeiro e, de outro lado, pelas atividades industriais que ocorrem somente durante o período do dia, aumentando o valor verdadeiro.

Com a resolução da expressão (6.3), tem-se a seguinte relação entre a vazão de infiltração e a vazão mínima de esgoto:

$$V \text{ inf} = V \text{ mín} \cdot \left( \frac{\text{DQO mé dia} - \text{DQO mín}}{\text{DQO mé dia}} \right) \quad (6.4)$$

Aplicando-se a equação (6.4) aos dados conseguidos em cada dia da semana obtém-se os seguintes valores prováveis das vazões mínimas de esgoto sanitário e as suas parcelas contribuintes (infiltração e esgoto), citados na Tabela 6.10.

TABELA 6.10 - Valores de vazão mínimas de esgoto e suas parcelas estimadas.

	Domingo	Quarta-feira	Sábado
Vazão mínima (l/s)	90	77	83
Vazão estimada de infiltração (l/s)	84*	68	66
Vazão do esgoto (l/s)	6	9	17

\* Os valores da vazão estimada de infiltração deveriam ser praticamente iguais nos três dias, pois a extensão da rede coletora de esgotos, por onde ocorre a infiltração de águas subterrâneas é o mesmo. Entretanto, no Domingo, ocorreram chuviscos e chuvas intermitentes e, devido à contribuição indevidas de águas pluviais no sistema coletor, as vazões foram maiores.

Os valores de vazão mínima, vazão de infiltração e vazão de esgoto são importantes dados para a determinação e avaliação da taxa de infiltração, um dos parâmetros e coeficientes utilizados em projetos de sistemas de esgotos sanitários, que serão descritos a seguir.

## 6.10 DETERMINAÇÃO E AVALIAÇÃO DOS PRINCIPAIS PARÂMETROS UTILIZADOS EM PROJETOS DE SISTEMAS DE ESGOTOS SANITÁRIOS

A determinação e avaliação dos principais parâmetros utilizados em projetos de sistemas de esgotos sanitários não tem o objetivo de contestar os valores usualmente empregados e recomendados nas normas vigentes, e nem sugerir novos valores convenientes.

O objetivo desta avaliação é mostrar as diferenças encontradas entre os valores usualmente empregados e os valores obtidos por determinações e medições efetivas das condições reais e das características dos esgotos.

Os seguintes parâmetros foram estimados: taxa de infiltração (INF); coeficiente de variação de vazão: o de máxima vazão horária (K2) e o de mínima vazão horária (K3); coeficiente de retorno (C); coeficiente de esgoto per capita ( $q_e$ ); e DBO per capita.

Os coeficientes DQO per capita e SST per capita, apesar de não serem usuais em projetos também foram calculados a título de complementação.

### 6.10.1 TAXA DE INFILTRAÇÃO (INF)

Os valores da taxa de infiltração podem ser obtidos mediante a seguinte expressão:

$$INF = \frac{\text{Vazão de infiltração}}{\text{Comprimento da rede}} \quad (6.5)$$

Aplicando esta expressão para os dados de vazão de infiltração obtidos nos três dias da semana, e para o comprimento calculado da rede de 422 km (seção 5.10.2), obtém-se os valores apresentados na TABELA 6.11, que contém também informações das condições do tempo nestes dias.

TABELA 6.11 - Taxa de Infiltração para os três dias de coletas

DATA	Condição do tempo	Vazão Infiltração (l/s)	Taxa de Infiltração (l/s.km)
29/10/95 Domingo	Índice Pluv = 0,6 mm NUBLADO (75% do dia) CHUVA (20% do dia) BOM (5% do dia)	84*	0,20*
08/11/95 Quarta	Índice Pluv. = 0 mm BOM (100% do dia)	68	0,16
18/11/95 Sábado	Índice Pluv. = 0 mm NUBLADO (70% do dia) BOM (20% do dia) CHUVISCO (10% do dia)	66	0,16
Média		67	0,16

\* O valor obtido no dia 29/10/95 (Domingo) não foi considerado no cálculo geral da taxa de infiltração por ser atípico, devido às chuvas que ocorreram durante este dia.

Baseado nos valores da Tabela 6.11, tem-se que a taxa de infiltração média da bacia do ribeirão do Ouro da cidade de Araraquara-SP é, de aproximadamente 0,16 l/s.km.

Convém lembrar que as medições de vazão foram realizadas nos meses de Outubro e Novembro, período inicial de ocorrência de chuvas e quando o nível do aquífero freático começa a aumentar. Tal fato pode contribuir para um valor maior da taxa de infiltração.

Mesmo assim, como se observa, a taxa de infiltração que ocorre na bacia do ribeirão do Ouro na cidade de Araraquara-SP possui valores relativamente baixos (0,16 l/s.km) em comparação aos valores que são recomendados em literatura e em normas. A Tabela 6.12 apresenta os valores da taxa de infiltração que geralmente são adotadas em projetos de sistemas de esgotos, obtidos a partir de pesquisas bibliográficas, de pesquisas experimentais realizadas em algumas cidades do Estado de São Paulo compilados de diversos autores, e de dados próprios obtidos no presente trabalho na cidade de Araraquara-SP. Observa-se nesta tabela que os valores da taxa de infiltração apresentam a tendência de serem cada vez menores com o decorrer do tempo.

Conforme o estudo de submersão da rede coletora, apresentado anteriormente na seção 5.10.4, sabe-se que na bacia estudada, aproximadamente 29% da rede coletora de esgotos estão abaixo do nível do aquífero freático, ou seja, estão sujeitas a ocorrência de infiltração (submersa). Com isso, desenvolveu-se também o cálculo da taxa de infiltração somente para a porção da rede submersa, ou em números, dos 422 km da rede, 169 km estão sob o aquífero freático, e a taxa de infiltração calculada para esta extensão da rede é de 0,44 l/s.km. Essa ponderação desprezou, por hipótese, infiltração na parcela da rede não submersa. Avaliando-se este valor, percebe-se que as taxas de infiltração recomendadas pelas literaturas e normas são estimadas adotando-se valores conservadores como se a rede estivesse inteiramente sob o nível de aquífero freático, fato poucas vezes observado em cidades do interior do estado de São Paulo e não litorâneas.

O que se pode sugerir com isto, é a realização dos cálculos de dimensionamento do sistema coletor de esgotos quanto à infiltração, adotando-se valores da taxa de infiltração diferenciados em função da altura da rede em relação ao nível do aquífero freático. Para a rede submersa, adotam-se taxas maiores, e para a rede acima do nível do aquífero, em solos secos, taxas bem menores.

Convém comentar que os valores baixos obtidos da taxa de infiltração devem-se também à boa qualidade de execução e de assentamento das tubulações (com juntas de asfalto oxidado e estopa alcatroada), que é realizado com muito cuidado e controle, preocupação sempre constante da administração do DAAE (Departamento Autônomo de Águas e Esgotos) de Araraquara-SP.

Os valores da taxa de infiltração que geralmente são adotados em projetos podem ser muito diferentes dos valores que realmente ocorrem na rede.

Como foi apresentado por BRUNO & TSUTIYA (1983) em trabalho efetuado em cidades do interior do Estado de São Paulo, as vazões de projeto baseadas em coeficientes de infiltração adotados a partir de normas são de 35% a 318% maiores que as vazões de esgoto efetivamente medidas, dependendo do valor adotado da taxa de infiltração.

Para a cidade de Araraquara-SP, se fosse adotada taxa de infiltração, por exemplo, de 0,5 l/s.km, conforme o intervalo recomendado pela norma (0,05 a 1,0 l/s.km), e com a extensão de 422 km de rede na bacia estudada, a vazão de infiltração calculada seria 211 l/s, ou seja, cerca de 2,93 vezes maior que a vazão real de infiltração de 67 l/s, que foi efetivamente determinada neste trabalho.

TABELA 6.12 - Taxas de Infiltração em redes de esgotos sanitários segundo diversos autores

Autor	Ano	Local	Taxa de Infiltração (l/s.km)	Condição de obtenção dos valores
Saturnino de Brito	1911	Santos-SP e Recife-PE	0,1 a 0,6	Medições*
Jesus Netto	1940	São Paulo	0,3 a 0,7	Medições em redes secas
Azevedo Netto	1943	São Paulo	0,4 a 0,9	Medições em redes novas
Greeley & Hansen	1952	São Paulo	0,5 a 1,0	Medições*
DES, SURSAN	1959	Rio de Janeiro	0,2 a 0,4	Medições*
Hazen & Sawyer	1965	São Paulo	0,3 a 1,7	Medições*
SANESP/Max A. Veit	1973	São Paulo	0,3	Medições*
Bruno & Tsutiya	1983	Cardoso-SP	0,025	Medições, coletor acima do nível do aquífero freático
Bruno & Tsutiya	1983	Fernandópolis-SP	0,159	Medições, 7% da rede abaixo do nível do aquífero freático
Bruno & Tsutiya	1983	Lucélia-SP	0,017	Medições, coletor acima do nível do aquífero freático
Bruno & Tsutiya	1983	Pinhal-SP	0,125	Medições, 20% da rede abaixo do nível do aquífero freático
Almeida Neto et al.	1989	Mira Estrela-SP	0,01	Medições*
Almeida Neto et al.	1989	Poloni-SP	0,02	Medições*

Fontes : ALMEIDA NETO et al (1989); AZEVEDO NETTO (1979); BRUNO & TSUTIYA (1983); COMPARINI & SOBRINHO (1992); SOBRINHO & TSUTIYA (s.d.); VEIT (1973).

\* Nos textos originais, não são especificados detalhes das medições locais.

TABELA 6.12 - Taxas de Infiltração em redes de esgotos sanitários segundo diversos autores (continuação)

Autor	Ano	Local	Taxa de Infiltração (l/s.km)	Condição de obtenção dos valores
Almeida Neto et al.	1989	Onda Verde-SP	0,02	Medições*
Almeida Neto et al.	1989	Cardoso-SP	0,042	Medições*
Almeida Neto et al.	1989	Indiaporã-SP	0,016	Medições*
Almeida Neto et al.	1989	Guarani D'Oeste-SP	0,029	Medições*
Almeida Neto et al.	1989	Valentim Gentil	0,116	Medições, parte da rede abaixo do aquífero freático
Comparini & Sobrinho	1992	Cidades pequenas de SP	0,0 21 a 0,038	Medições*
Valor obtido no presente trabalho	1995	Araraquara-SP (Bacia do Ribeirão do Ouro)	0,16	Medições, 29% da rede abaixo do aquífero freático**
PNB 567	1975	Brasil	1,0	Recomendações para projetos
Martins	1977	Brasil	0,2 a 0,8	Recomendações para projetos
WPCF-Manual	1982	USA	0,27 a 1,0	Recomendações para projetos
SABESP	1984	Estado de São Paulo	0,05 a 0,5	Recomendações para projetos
NBR 9649	1986	Brasil	0,05 a 1,0	Recomendações para projetos

Fontes : ALMEIDA NETO et al (1989); AZEVEDO NETTO (1979); BRUNO & TSUTYIA (1983); COMPARINI & SOBRINHO (1992); SOBRINHO & TSUTIYA (s.d.); VEIT (1973).

\* Nos textos originais, não são especificados detalhes das medições locais.

\*\* Medições realizadas pelo autor do presente trabalho na cidade de Araraquara-SP, nos meses de outubro e novembro de 1995.

### 6.10.2 COEFICIENTE DE MÁXIMA VAZÃO HORÁRIA (K2)

O coeficiente de máxima vazão horária, conforme citado anteriormente na seção 3.7.3, é a relação entre a maior vazão observada num dia e a vazão média horária do mesmo dia.

$$K2 = \frac{\text{Vazão Máxima}}{\text{Vazão Média}} \quad (6.6)$$

Os valores deste coeficiente foram determinados por duas maneiras: a) com os valores da vazão máxima determinados, na seção 6.8, pela média dos valores máximos; e b) com os valores máximos maximorum determinados por comparação direta, apresentados nos quadros da Figura 6.1. Os valores obtidos de K2 pelas duas maneiras são apresentados na Tabela 6.13.

TABELA 6.13 - Coeficiente de máxima vazão horária (K2)

DATA	Vazão Máxima (a) (l/s)	Vazão Máxima (b) (l/s)	Vazão Média (l/s)	K2 (a)	K2 (b)
29/10/95 Domingo	632*	1021*	220	2,9*	4,64*
08/11/95 Quarta	281	296	193	1,45	1,53
18/11/95 Sábado	270	296	177	1,52	1,67
Média	275	296	197	1,5**	1,6**

(a) valores estimados com a média dos valores máximos de vazão.

(b) valores estimados com os valores máximos maximorum de vazão.

\* O Valor alto deste coeficiente para o Domingo é devido à ocorrência de chuvas durante este dia que tornou alto o valor da Vazão Máxima.

\*\* O valor médio do coeficiente K2 foi calculado desprezando-se o valor obtido no dia 29/10/95 (Domingo).

Por definição, o valor do coeficiente de máxima vazão horária (K2) é estimado com o valor máximo *maximorum* de vazão, que, no presente trabalho, é de aproximadamente 1,6. A título de comparação, a Tabela 6.14 apresenta os valores do coeficiente de máxima vazão horária compilados de diversos autores, levantados a partir de consultas bibliográficas e de pesquisas experimentais, citadas na seção 3.7.3, realizadas em diversas cidades.

TABELA 6.14 - Valores do coeficientes de máxima vazão horária (K2)

Autor	Coeficiente de máxima vazão horária (K2)	Local
NBR-9649 da ABNT	1,5	
BRUNO & TSUTIYA (1983)	1,43 a 2,27	Cardoso, Lucélia e Pinhal-SP
COMPARINI & SOBRINHO (1992)	1,45 a 2,25	Cidades de pequeno porte do interior do estado de São Paulo
CASTRO et al. (1991)	1,61 a 2,52	Belo Horizonte e Contagem-MG
Valor obtido no presente trabalho	1,6	Bacia do ribeirão do Ouro da cidade de Araraquara-SP

O fato do valor do coeficiente K2 ser alto está relacionado com a variação da vazão dos esgotos sanitários que é grande ao longo do dia. Os valores altos deste coeficiente são observados em cidades de pequeno e médio porte onde há grande variação de vazão ao longo do dia, devido às atividades humanas serem praticamente coincidentes no tempo e os hábitos da população serem bem constantes, fato observado também na cidade de Araraquara-SP.

### 6.10.3 COEFICIENTE DE MÍNIMA VAZÃO HORÁRIA (K3)

O coeficiente de mínima vazão horária, conforme citado anteriormente na seção 3.7.3, é a relação entre a vazão mínima observada num dia e a vazão média horária do mesmo dia.

$$K3 = \frac{\text{Vazão Mínima}}{\text{Vazão Média}} \quad (6.7)$$

Os valores deste coeficiente foram determinados por duas maneiras: a) com os valores da vazão mínima determinados, na seção 6.8, pela média dos valores mínimos; e b) com os valores mínimos minimorum determinados por comparação direta, apresentados nos quadros da Figura 6.1. Os valores obtidos de K3 pelas duas maneiras são apresentados na Tabela 6.15.

TABELA 6.15 - Coeficiente de mínima vazão horária (K3)

DATA	Vazão Mínima (a) (l/s)	Vazão Mínima (b) (l/s)	Vazão Média (l/s)	K3 (a)	K3 (b)
29/10/95 Domingo	90	90	220	0,41	0,41
08/11/95 Quarta	77	75	193	0,40	0,39
18/11/95 Sábado	83	75	177	0,47	0,42
Média	83	80	197	0,43	0,41

(a) valores estimados com a média dos valores mínimos de vazão.

(b) valores estimados com os valores mínimos minimorum de vazão.

Por definição, o valor do coeficiente de mínima vazão horária (K3) é estimado com o valor mínimo minimorum de vazão, que, no presente trabalho, é de aproximadamente 0,41.

A título de comparação, a Tabela 6.16 apresenta os valores do coeficiente de mínima vazão horária compilados de diversos autores, levantados a partir de consultas bibliográficas e de pesquisas experimentais, citadas na seção 3.7.3, realizadas em diferentes cidades.

TABELA 6.16 - Valores do coeficientes de mínima vazão horária (K3)

Autor	Coeficiente de mínima vazão horária (K3)	Local
NBR-9649 da ABNT	0,5	
BRUNO & TSUTIYA (1983)	0,07 a 0,27	Cardoso, Lucélia e Pinhal-SP
COMPARINI & SOBRI-NHO (1992)	0,03 a 0,21	Cidades de pequeno porte do interior do estado de São Paulo
Valor obtido no presente trabalho	0,41	Bacia do ribeirão do Ouro da cidade de Araraquara-SP

Deve-se lembrar que o valor de K3 foi calculado a partir da vazão mínima que compreende as vazões de infiltração. Se as vazões de infiltração forem descontadas da vazão mínima, ou seja, se considerarmos somente a vazão efetiva de esgoto, conforme calculado anteriormente na seção 6.9, o valor calculado do coeficiente K3 é menor (0,05), conforme mostrado na Tabela 6.17.

TABELA 6.17 - Coeficiente de mínima vazão horária (K3) descontando-se as vazões de infiltração na vazão mínima

DATA	Vazão Mínima (l/s)	Vazão Infiltração (l/s)	Vazão Esgoto (l/s)	Vaz. Média - Vaz. Infil. (l/s)	K3
29/10/95 Domingo	90	84	6	136	0,04
08/11/95 Quarta	77	68	9	125	0,07
18/11/95 Sábado	83	66	17	111	0,15
Média	83	73	10	124	0,08

#### 6.10.4 COEFICIENTE DE RETORNO (C)

O coeficiente de retorno, conforme citado anteriormente na seção 3.7.1, é a relação entre o volume de esgotos recebido na rede de esgotos e o volume de água efetivamente fornecido à população. Do total de água consumida, somente uma parcela retorna ao sistema de esgotamento, sendo que o restante é utilizado para lavagem de carros, lavagem de quintais e calçadas de ruas, irrigação de jardins e parques públicos, etc.

$$C = \frac{\text{Volume diário de esgoto}}{\text{Volume diário de água consumida}} \quad (6.8)$$

O Volume diário de esgoto é determinado pela integração das vazões em função do tempo, conforme mencionado na seção 6.5. O valor do volume diário de esgoto é apresentado na Tabela 6.4 e este valor inclui as vazões de infiltração que ocorreram no período medido.

O Volume diário de água consumida pela população é o volume efetivo micromedido nas ligações prediais por meio de leitura nos hidrômetros instalados. Este valor foi calculado somente para a área específica de estudo: a bacia do ribeirão do Ouro. Dada a dificuldade de se determinar os volumes de água consumida pela população, especificamente nos três dias distintos, estimou-se aproximadamente o valor deste volume, a partir do consumo médio mensal levantado nos últimos 6 meses. O consumo médio mensal foi determinado pelos valores micromedidos de todas as ligações de água, existentes na bacia do ribeirão do Ouro, e, por conversão de unidades, considerou-se como sendo o volume diário de água consumida para os três dias. Portanto, os valores estimados do coeficiente de retorno são aproximados.

Os valores obtidos do coeficiente de retorno (C) são apresentados na Tabela 6.18.

TABELA 6.18 - Coeficiente de retorno (C)

DATA	Volume diário de esgoto(m <sup>3</sup> )	Volume diário de água consumida (m <sup>3</sup> )	C
29/10/95 Domingo	18.800	28.000	0,67
08/11/95 Quarta	16.600	28.000	0,59
18/11/95 Sábado	15.300	28.000	0,55
Média	16.900	28.000	0,60

A título de comparação, o coeficiente de retorno (C) foi também calculado a partir do volume diário total produzido, incluindo as perdas de água durante o processo de tratamento e distribuição de água de abastecimento. Neste caso o volume diário consumido de água foi substituído pelo volume diário total produzido de água na expressão (6.8).

O volume diário total de água produzido é o volume tratado de águas superficiais mais o volume captado de águas subterrâneas. Para o caso da bacia estudada estima-se que aproximadamente 66% do total de água tratada da cidade é fornecida à bacia do ribeirão do Ouro. Assim, com o volume total produzido na cidade de 72.400 m<sup>3</sup>/dia, 66% deste, ou seja, 48.000 m<sup>3</sup>/dia de água tratada são destinados para a bacia do ribeirão do Ouro. Estes valores foram obtidos no DAAE - Departamento Autônomo de Águas e Esgotos e são a média dos volumes dos últimos 12 meses. Dada a dificuldade de se determinar o volume de água produzida, especificamente nos três dias distintos, e somente para a bacia do ribeirão do Ouro, considerou-se que a estimativa deste volume é aproximadamente uma parcela (66%) do volume total médio de água tratada na cidade, para os três dias.

Os valores obtidos do coeficiente de retorno (C) considerando-se o volume diário total de água produzido são apresentados na Tabela 6.19.

TABELA 6.19 - Coeficiente de retorno (C), considerando-se o volume total produzido tratado

DATA	Volume diário de esgoto(m <sup>3</sup> )	Volume diário de água produzida (m <sup>3</sup> )	C
29/10/95 Domingo	18.800	48.000	0,39
08/11/95 Quarta	16.600	48.000	0,35
18/11/95 Sábado	15.300	48.000	0,32
Média	16.900	48.000	0,35

Se descontarmos dos volumes diários de esgotos as correspondentes vazões de infiltração, obteremos outros diferentes valores do coeficiente de retorno (C).

O volume diário de esgoto contribuinte é a soma do volume de esgoto propriamente dito com o volume das águas de infiltração, que tem acesso ao sistema coletor de esgotos. Descontando-se a parcela referente ao volume de águas de infiltração, tem-se os seguintes resultados do coeficiente de retorno (C), apresentados na Tabela 6.20. Os valores do volume diário de esgoto (em l/dia) foram determinados a partir da vazão de esgoto (l/s) multiplicando-se pelos valores de conversão de unidades.

A Tabela 6.21 apresenta os valores do coeficiente retorno obtidos no presente trabalho e os compilados de diversos autores, levantados a partir de consultas bibliográficas e de pesquisas experimentais, citadas na seção 3.7.1, realizadas em algumas cidades.

TABELA 6.20 - Coeficiente de retorno (C) desconsiderando-se as águas de infiltração

DATA	Vazão Média (l/s)	Vazão Infiltração (l/s)	Vazão Esgoto (l/s)	Volume diário de esgoto (m <sup>3</sup> /dia)	Volume diário de água (m <sup>3</sup> /dia)	C
29/10/95 Domingo	220	84	136	11.750	28.000	0,42
08/11/95 Quarta	193	68	125	10.800	28.000	0,39
18/11/95 Sábado	177	66	111	9.590	28.000	0,34
Média	197	73	124	10.700	28.000	0,38

TABELA 6.21 - Valores do coeficientes de retorno (C)

Autor	C (a)	C (b)	Local
NBR-9649 da ABNT	0,8		
ALMEIDA NETO et al. (1989)	0,36 a 1,05	0,35 a 0,68	Comunidades de pequeno porte no interior do estado de São Paulo
COMPARINI & SOBRINHO (1992)	0,42 a 0,73	0,33 a 0,67	Cidades de pequeno porte do interior do estado de São Paulo
Valores obtidos no presente trabalho	0,60	0,38	Bacia do ribeirão do Ouro da cidade de Araraquara-SP

(a) Valores do coeficiente de retorno considerando-se o volume de águas de infiltração no volume diário de esgotos.

(b) Valores do coeficiente de retorno descontando-se o volume de águas de infiltração do volume diário de esgotos.

Verifica-se que os valores encontrados do coeficiente de retorno são menores que os recomendados e os adotados para projetos de sistemas de esgotos sanitários. Isto significa que considerável parte da água fornecida à população da bacia estudada não retorna para o sistema coletor de esgoto sanitário. Este fato pode ser explicado talvez por fatores relacionados aos hábitos populacionais e às atividades de uso da água na bacia, comprovada pela pesquisa de campo, apresentada na seção 5.9.3. Os fatores principais são: grande consumo de água para irrigação de jardins, lavagem freqüente de veículos na própria residência, lavagem de quintais, terraços e calçadas de ruas, etc. Além disso, existem na área da bacia estudada muitas praças públicas e áreas verdes, com jardins e plantas, exigindo irrigação freqüente.

#### 6.10.5 CONTRIBUIÇÃO DE ESGOTO PER CAPITA ( $q_e$ )

O consumo de água per capita é dado pela relação:

$$q = \frac{\text{Consumo médio diário de água}}{\text{N}^\circ. \text{ de habitantes}} \quad (6.9)$$

A contribuição de esgoto per capita ( $q_e$ ), conforme citado anteriormente na seção 3.7.2, é o consumo de água per capita multiplicado pelo coeficiente de retorno:

$$q_e = C \cdot q \quad (6.10)$$

Os valores obtidos estão apresentados na Tabela 6.22.

TABELA 6.22 - Contribuição de esgoto per capita ( $q_e$ ) e consumo de água per capita ( $q$ )

Consumo médio diário de água (l)	Nº. de Habitantes	q (l/pessoa.dia)	Coeficiente de retorno (C)	$q_e$ (l/pessoa.dia)
28.000.000	120.000	233	0,60	140

A Tabela 6.23 apresenta os valores da contribuição de esgoto per capita obtidos no presente trabalho e os compilados de diversos autores, levantados a partir de consultas bibliográficas e de pesquisas experimentais, citadas na seção 3.7.2, realizadas em diversas cidades.

TABELA 6.23 - Valores do contribuição de esgoto per capita ( $q_e$ )

Autor	$q_e$ (l/pessoa.dia)	Local
BRUNO & TSUTIYA (1983)	90	Cardoso-SP
BRUNO & TSUTIYA (1983)	149	Fernadópolis-SP
BRUNO & TSUTIYA (1983)	103	Lucélia-SP
BRUNO & TSUTIYA (1983)	161	Pinhal-SP
COMPARINI & SOBRINHO (1992)	59 a 103	Cidades de pequeno porte do interior do estado de São Paulo
Valor obtido no presente trabalho	140	Bacia do ribeirão do Ouro da cidade de Araraquara-SP

#### 6.10.6 CONTRIBUIÇÃO DIÁRIA DE DBO POR PESSOA (DBO PER CAPITA)

A contribuição diária de DBO por pessoa (DBO per capita) é a divisão da carga diária de DBO pela população contribuinte.

$$\text{DBO per capita (gDBO / pessoa. dia)} = \frac{\text{Carga de DBO (kg / dia)}}{\text{População}} \times 1000 \quad (6.11)$$

Os resultados destas grandezas são apresentados na Tabela 6.24.

TABELA 6.24 - Carga diária de DBO (kg/dia) e DBO per capita (g/pessoa.dia)

DATA	DBO média (mg/l)	Vazão (l/s)	Carga de DBO (kg/dia)	População (habitantes)	DBO per capita (g/pessoa.dia)
29/10/95 Domingo	267	220	5.075	120.000	42
08/11/95 Quarta	283	193	4.720	120.000	39
18/11/95 Sábado	424	177	6.484	120.000	54
Média	325	197	5.532	120.000	46

A Tabela 6.25 apresenta os valores da DBO per capita obtidos no presente trabalho e os compilados de diversos autores, levantados a partir de consultas bibliográficas e de pesquisas experimentais, citadas na seção 3.5, realizadas em várias cidades.

Conforme se observa, o valor de DBO per capita encontrado para a bacia do ribeirão do Ouro na cidade de Araraquara-SP, é menor que o recomendado e geralmente adotado em projetos de estações de tratamento de esgotos.

O parâmetro 54 g/hab.dia, largamente utilizado em projetos de sistemas de tratamento de esgotos a nível internacional, deve ser revisto para os padrões brasileiros, já que ficou demonstrado, segundo CARVALHO et al. (1993) que a produção de DBO varia conforme o padrão sócio-econômico da população.

A concentração de DBO nos esgotos domésticos é maior em regiões de menor renda familiar onde observa-se consumo de água per capita menor do que naquelas de maior renda.

Isso sugere que o comportamento dos parâmetros e das características de esgotos, em sociedades mais estratificadas como a brasileira,

apresenta um padrão diferenciado quando comparado aos de países mais desenvolvidos.

TABELA 6.25 - Valores da contribuição de DBO por pessoa (DBO per capita)

Autor	DBO per capita (g/hab.dia)	Observações
Valores usualmente adotados em projetos	54	
AFINI JÚNIOR (1989)	54 e 59	Respectivamente zona sul e zona norte da cidade do Rio de Janeiro-RJ, nos anos de 1961 e 1962
AFINI JÚNIOR (1989)	58,60 e 63	São Paulo-SP, nos anos de 1965 e 1966
AFINI JÚNIOR (1989)	47 a 58	Riacho Grande, município de São Bernardo do Campo-SP, 1968
AFINI JÚNIOR (1989)	45	Esgotos domésticos de cidades pequenas da região metropolitana de São Paulo-SP
AFINI JÚNIOR (1989)	60	Esgotos sanitários de cidades médias e grandes da região metropolitana de São Paulo-SP
AFINI JÚNIOR (1989)	75	Cidades grandes com grandes desenvolvimentos da região metropolitana de São Paulo-SP
VEIT (1973)	50	São Paulo-SP
Valor obtido no presente trabalho	46	Bacia do ribeirão do Ouro da cidade de Araraquara-SP

### 6.10.7 CONTRIBUIÇÃO DIÁRIA DE SÓLIDOS SUSPENSOS TOTAIS POR PESSOA (SST PER CAPITA)

A contribuição diária de Sólidos Suspensos Totais por pessoa (SST per capita) é a divisão da carga diária de SST pela população contribuinte.

$$\text{SST per capita (gSST / pessoa. dia)} = \frac{\text{Carga poluidora de SST (kg / dia)}}{\text{População}} \cdot 1000 \quad (6.12)$$

Os resultados são apresentados na Tabela 6.26.

TABELA 6.26 - Carga diária de SST (kg/dia) e SST per capita (g/pessoa.dia)

DATA	SST mé- dia (mg/l)	Vazão (l/s)	Carga de SST (kg/dia)	População (habitantes)	SST per capita (g/pessoa.dia)
29/10/95 Domingo	323	220	6.140	120.000	51
08/11/95 Quarta	248	193	4.135	120.000	34
18/11/95 Sábado	207	177	3.166	120.000	26
Média	259	197	4.408	120.000	37

A Tabela 6.27 apresenta os valores da SST per capita obtidos no presente trabalho e os compilados de diversos autores, levantados a partir de consultas bibliográficas e de pesquisas experimentais, citadas na seção 3.5.

TABELA 6.27 - Valores da contribuição de SST por pessoa (SST per capita)

Autor	SST per capita (g/hab.dia)	Observações
AFINI JÚNIOR (1989)	90	
VEIT (1973)	40	São Paulo-SP
Valor obtido no presente trabalho	37	Bacia do ribeirão do Ouro da cidade de Araraquara-SP

### 6.10.8 CONTRIBUIÇÃO DIÁRIA DE DQO POR PESSOA (DQO PER CAPITA)

A carga diária de DQO pode ser definida como o produto da concentração de DQO pela vazão.

$$\text{Carga diária de DQO (kgDQO/dia)} = \text{DQO (mg/l)} \times \text{Vazão (l/s)} \times 0,0864 \quad (6.13)$$

A contribuição diária de DQO por pessoa (DQO per capita) é a divisão da carga diária de DQO pela população contribuinte.

$$\text{DQO per capita (gDQO / pessoa. dia)} = \frac{\text{Carga de DQO (kg / dia)}}{\text{População}} \cdot 1000 \quad (6.14)$$

Os resultados são apresentados na Tabela 6.28.

TABELA 6.28 - Carga diária de DQO (kg/dia) e DQO per capita (g/pessoa.dia)

DATA	DQO média (mg/l)	Vazão (l/s)	Carga de DQO (kg/dia)	População (habitantes)	DQO per capita (g/pessoa.dia)
29/10/95 Domingo	545	220	10.359	120.000	86
08/11/95 Quarta	711	193	11.856	120.000	99
18/11/95 Sábado	683	177	10.445	120.000	87
Média	646	197	10.995	120.000	92

Conforme se observa, a carga de DQO per capita (92g/hab.dia) é aproximadamente 2 vezes a carga de DBO per capita (46g/hab.dia), de acordo com a relação DQO/DBO calculada e mostrada anteriormente na seção 6.6.

### 6.11 EFEITO DA CHUVA NAS CARACTERÍSTICAS DOS ESGOTOS

Durante a campanha realizada no dia 29/10/95 (Domingo), por volta das 3h30min, iniciou-se uma chuva forte. Um enorme aumento da vazão de esgotos pôde ser observado no local de coletas a partir das 5h15min. Desta forma, coletaram-se duas amostras compostas durante este período: uma amostra composta antes do aumento de vazão devido à chuva, e uma amostra composta durante o período de aumento de vazão. As amostras foram submetidas às análises para determinação dos seguintes parâmetros: DQO, DBO e Sólidos Sedimentáveis. Pode-se comparar os resultados obtidos na Tabela 6.29, avaliando-se o efeito da chuva nas características do esgoto sanitário.

TABELA 6.29 - Efeito da chuva nos valores de parâmetros característicos de esgotos no Domingo (29/11/95).

Parâmetro	amostra composta antes da chuva (a)	amostra composta durante a chuva (b)	Relação (b) / (a)
DQO (mg/l)	153	860	5,6
DBO (mg/l)	39	182	4,7
Sól. Sedim. (ml/l)	1,0	4,0	4,0
Vazão (l/s)	média = 220	de pico = 1021	4,6

Os valores de DQO e DBO foram determinados por amostragem composta em períodos de 4 horas. A amostra composta antes da chuva foi obtida no período das 3h00min às 5h00min, e a amostra composta durante a chuva, no período das 3h00min às 6h00min.

Os valores de Sólidos Sedimentáveis foram determinados por amostragem composta em períodos de 6 horas. A amostra composta antes da chuva foi obtida no período das 1h00min às 5h00min, e a amostra composta durante a chuva, no período das 1h00min às 6h00min.

Observa-se uma grande modificação nas características do esgoto sanitário com a presença de águas pluviais que tiveram acesso ao sistema coletor. Houve variação muito grande (de 4 a 5 vezes) nos valores de vazão e de concentração de DBO, DQO e Sólidos Sedimentáveis. A importância da verificação dos picos nestas concentrações é quanto à permanência destes valores altos de carga orgânica no esgoto sanitário que tem acesso a uma estação de tratamento de esgotos.

A permanência de carga orgânica esperada numa estação de tratamento de esgotos é um dado muito importante para a elaboração de projetos dessas unidades, uma vez que para condições diferenciadas, o funcionamento destas não deve ser alterado, tentando-se manter a eficiência dos tanques de sedimentação e continuidade do processo biológico do tratamento de esgotos (CARVALHO et al., 1993).

Por este motivo, é interessante o dimensionamento de extravasores em estações elevatórias, em interceptores de esgotos e em estações de tratamento de esgotos para desvios de vazões e cargas de pico em tanques de equalização, com posterior tratamento (CAMPOS, 1994).

## 6.12 RESUMO DOS RESULTADOS

A Tabela 6.30 apresenta o resumo dos valores obtidos dos principais coeficientes e parâmetros de projetos de sistemas de esgotos.

TABELA 6.30 - Resumo dos valores obtidos dos coeficientes e dos parâmetros de projeto

Parâmetro	Valor
Taxa de Infiltração (l/s.km)	0,16
Coeficiente de retorno	0,6
Coeficiente de retorno (sem infiltração)	0,38
Coeficiente de máxima vazão horária (K2)	1,6
Coeficiente de mínima vazão horária (K3)	0,41
Coeficiente de mínima vazão horária (K3) (sem infiltração)	0,05
Coeficiente de esgoto per capita ( $q_e$ ) (l/hab.dia)	140
Consumo de água per capita (q) (l/hab.dia)	233
DBO per capita (g/hab.dia)	46
SST per capita (g/hab.dia)	37
DQO per capita (g/hab.dia)	92
Relação DQO/DBO $\rightarrow$ DQO = 0,5.DBO - 21	2,3

A título de comparação, calculou-se os valores da vazão média e da carga orgânica de esgotos, a partir dos valores usuais e normalizados dos coeficientes de projetos de sistemas de esgotos. Com população de 120.000 habitantes e extensão de 422 km da rede coletora de esgotos, se adotássemos os seguintes valores dos coeficientes: coeficiente de retorno ( $C = 0,8$ ); consumo de água per capita ( $q = 250$  l/pessoa.dia); taxa de infiltração ( $INF = 0,5$  l/s.km); a vazão média estimada de esgotos, sem computar as contribuições industriais, seria de aproximadamente 489 l/s. Se adotássemos a contribuição de DBO per capita, de 54g/hab.dia, a carga orgânica de esgotos seria de 6.480 kgDBO/dia. O valor efetivamente medido da vazão média de esgoto sanitário da bacia do ribeirão do Ouro, incluindo vazões industriais, é de 197 l/s (Tabela 6.4), aproximadamente 2,5 vezes menor que o valor estimado pelos coeficientes de projeto, sem vazões industriais. E a carga orgânica de esgoto efetivamente obtida é de 5.426 KgDBO/dia (Tabela 6.4), ou seja, 20% menor que a carga orgânica estima-

da pelo valor clássico do parâmetro DBO per capita, usualmente adotado em projetos.

Como se observa dos resultados obtidos e da avaliação dos parâmetros e coeficientes usualmente empregados em projetos de sistemas de esgotos sanitários, as características reais de esgotos às vezes são bem diferentes daquelas consideradas e adotadas em projetos.

Verifica-se a necessidade de se realizar a caracterização de esgotos sanitários com coletas efetivas de dados e amostras de esgotos. A quantidade de amostras e a frequência de coletas, a serem adotadas, são definidas pelo estudo apresentado a seguir.

### **6.13 DEFINIÇÃO DO NÚMERO DE AMOSTRAS E DA FREQUÊNCIA DE AMOSTRAGEM**

Em sistemas em que as características variam com o tempo, não se sabe ao certo qual o intervalo de tempo de frequência de coletas de amostras a ser adotado, e qual o número de amostras que devem ser tomadas para representar adequadamente um sistema e descrever a variação das suas características.

A coleta de uma única amostra aleatória num certo instante de um período do dia não é adequada para representar o comportamento das características do esgoto, pois este sofre variação ao longo do tempo.

O presente estudo pretende então determinar qual a frequência de amostragem sistemática a ser empregada para o conhecimento da variação do esgoto ao longo de 24 horas partindo-se dos dados obtidos experimentalmente.

Como se observou das referências bibliográficas levantadas a respeito de amostragem, muitos autores dizem que é necessário e importan-

te a coleta de amostras em intervalos de tempo os menores possíveis, mas não há a especificação de qual intervalo de frequência a ser adotado.

Logicamente quanto maior o número de campanhas de coleta e de amostras investigadas, melhor será o conhecimento da variabilidade e do comportamento do sistema. Entretanto nem sempre é possível obter um número grande de amostras para a investigação, devido principalmente aos custos envolvidos nas análises das amostras coletadas.

Consultaram-se alguns especialistas na área da estatística para orientação sobre as análises dos dados. Concluiu-se que a quantidade de dados obtidos nas três campanhas de coletas de amostras e dados de esgotos é pequena para uma avaliação estatística mais aprofundada, pois não houve repetibilidade de dados num mesmo instante e nos dias da semana (condição difícil de se viabilizar devido aos altos custos e procedimentos limitados), além de não existir dados em diferentes épocas do ano.

O conceito estatístico adotado neste estudo para a avaliação dos dados existentes está fundamentado na análise dos Intervalos de Confiança. Os assuntos relacionados à análise dos Intervalos de Confiança podem ser encontrados em livros básicos de Estatística, dentre eles, BUSSAB & MORETIN (1987), REIMANN (1989), MILLER et. al. (1990) e COSTA NETO (1977), que serviram de referência e apoio para o entendimento e redação dos assuntos descritos a seguir.

A estatística está subdividida em duas partes: a estatística descritiva e a estatística indutiva. A estatística descritiva é aquela que tem por objeto descrever e analisar os parâmetros de determinada população sem pretender tirar conclusões de caráter mais genérico. A estatística indutiva tem o objetivo de tirar conclusões probabilísticas sobre os aspectos das populações com base na observação de amostras extraídas dessas populações. Dentro dos problemas da Estatística Indutiva, têm-se os problemas de estimativa de parâmetros estatísticos, para a representação da população,

que podem ser estimados por ponto ou por intervalo. No primeiro caso, procede-se à estimativa do parâmetro populacional mediante um único valor, ao passo que, no segundo, constrói-se um intervalo, o qual deverá com probabilidade conhecida, conter o parâmetro.

Quando se deseja conhecer o valor de um parâmetro estatístico, por exemplo a média, para utilizá-lo em uma expressão analítica qualquer, utilizam-se valores obtidos por meio de estimativa por ponto. A estimativa por ponto consiste em fornecer a melhor estimativa possível para o parâmetro estatístico. Este será, pois, estimado por meio de um valor único, o qual corresponde a um ponto sobre o eixo de variação da variável.

Entretanto, se a determinação de um dado parâmetro é meta final do estudo estatístico em pauta, a estimativa por ponto é, em geral, insuficiente, pois a probabilidade de que a estimativa adotada venha a coincidir com o verdadeiro valor do parâmetro é, em geral, nula ou praticamente nula.

Devido a este fato, surge a idéia de se construir um intervalo em torno da estimativa por ponto, de modo que este intervalo tenha uma probabilidade conhecida de conter o verdadeiro valor do parâmetro. Ao intervalo que, com probabilidade conhecida, deverá conter o valor real do parâmetro chama-se de intervalo de confiança para esse parâmetro. A probabilidade, designada por  $1-\alpha$ , de que o intervalo de confiança contenha o valor do parâmetro denomina-se nível ou grau de confiança do respectivo intervalo. Observa-se que  $\alpha$  é a probabilidade de erro na estimativa do intervalo, isto é, a probabilidade de erro ao afirmar que o valor do parâmetro está contido no intervalo de confiança.

Assim, o intervalo conterà ou não o parâmetro, com probabilidades  $1-\alpha$  e  $\alpha$ , sendo, a rigor, incorreto, falar-se em probabilidade de o parâmetro cair no intervalo.

O cálculo do intervalo de confiança de uma média ou qualquer outra estatística é mais fácil quando os valores individuais da variável são

determinadas por amostragem aleatória, são independentes uma da outra, e distribuídos normalmente. Na prática, as características dos dados de águas são raramente independentes e as distribuições dos dados freqüentemente mostram acentuados desvios da normalidade. Entretanto, apesar das considerações acima, MONTGOMERY et al. (1974) afirmam que os intervalos de confiança podem ser estimados suficientemente bem para a maioria das propostas de gerenciamento de rios e estações de tratamento aplicando-se as equações que são estritamente aplicáveis somente para dados independentes, amostrados aleatoriamente e normalmente distribuídos.

Apresenta-se o procedimento para construir o intervalo de confiança para média  $\mu$  da população quando o desvio padrão populacional  $\sigma$  é desconhecido. Se  $\sigma$  é desconhecido, deve-se estimar seu valor com base na amostra disponível. Ou seja, deve-se adotar  $s$ , o desvio padrão amostral, como uma estimativa do valor de  $\sigma$ .

O fato de utilizar o desvio padrão amostral  $s$  ao invés de  $\sigma$  leva-se a trabalhar com a variável  $t$  da distribuição  $t$  de Student. Assim, o intervalo de confiança para a média quando  $\sigma$  é desconhecido, com probabilidade  $1-\alpha$  deste conter a média verdadeira  $\mu$  é:

$$\bar{x} - t_{n-1, \alpha/2} \cdot \frac{s}{\sqrt{n}} \leq \mu \leq \bar{x} + t_{n-1, \alpha/2} \cdot \frac{s}{\sqrt{n}} \quad (6.15)$$

Em que:

$\bar{x}$ : média amostral

$s$ : desvio padrão amostral

$t$ : variável  $t$  de Student (cujos valores são obtidos de Tabelas em função de  $n$  e de  $\alpha$ )

$n$ : tamanho da amostra

A equação (6.15) é empregada para obter-se os intervalos de confiança das médias de vazão e de concentração de DQO de esgotos sanitários.

Os níveis de confiança  $\alpha$  adotados para estimativa dos intervalos de confiança são geralmente de 90%, 95% e 99%. Um estudo preliminar avaliou os intervalos de confiança em função destes níveis de confiança, e como os resultados observados não foram tão divergentes, considera-se somente o nível de 95%.

Os dados adquiridos de esgotos sanitários foram levantados em intervalos de 15 minutos, mediante leituras de vazões e valores de concentração de esgoto (DQO), durante 24 horas para três dias da semana (Domingo, Quarta-feira e Sábado).

A freqüência de amostragem de 15 minutos utilizada para o levantamento de dados é considerada quase contínua para este trabalho. Outras freqüências de amostragem em intervalos maiores são refinadas a fim de avaliar até qual intervalo de tempo pode ser aplicado durante a amostragem sem comprometer a obtenção representativa da variação das características de esgotos. A avaliação é feita por meio de comparações dos intervalos de confiança das médias de vazão e de DQO entre os valores obtidos pelas diferentes freqüências de amostragem refinadas.

O refinamento da freqüência de amostragem em intervalos maiores de tempo foi realizado, partindo-se do conjunto de dados obtidos pela freqüência quase contínua de 15 minutos. Deste conjunto, extraíram-se progressivamente e alternadamente os dados em intervalos iguais de tempo, obtendo-se a representação de coletas com as seguintes freqüências de amostragem: de 30 minutos, de 1 hora, de 2 horas, de 3 horas, de 4 horas, e de 6 horas.



O refinamento da frequência de amostragem foi efetuado também com a defasagem no tempo, ou seja, o início da exclusão alternada de dados realizou-se por 4 maneiras:

a) iniciando-se a exclusão alternada de dados a partir do dado correspondente ao horário das 7h15min;

b) iniciando-se a exclusão alternada de dados a partir do dado correspondente ao horário de 7h30min (defasagem de 15 minutos);

c) iniciando-se a exclusão alternada de dados a partir do dado correspondente ao horário de 7h45min (defasagem de 30 minutos);

d) iniciando-se a exclusão alternada de dados a partir do dado correspondente ao horário de 8h00min (defasagem de 45 minutos).

Os refinamentos empregando cada uma destas defasagens foram realizados com todas as diferentes frequências de amostragem (15 minutos, 30 minutos, 1 hora, 2 horas, 3 horas, 4 horas e 6 horas). Este procedimento teve o objetivo de representar todas as possibilidades de inclusão e exclusão dos dados existentes.

O efeito das diferentes frequências de amostragem refinadas pode ser visto nas curvas de variação de DQO que são apresentadas nas Figuras 6.8 a 6.14. No caso apresentam-se apenas os refinamentos com a exclusão iniciada nos dados correspondentes ao horário das 7h15min. As curvas de variação de vazão para diferentes frequências de amostragem refinadas estão apresentadas no Anexo D.

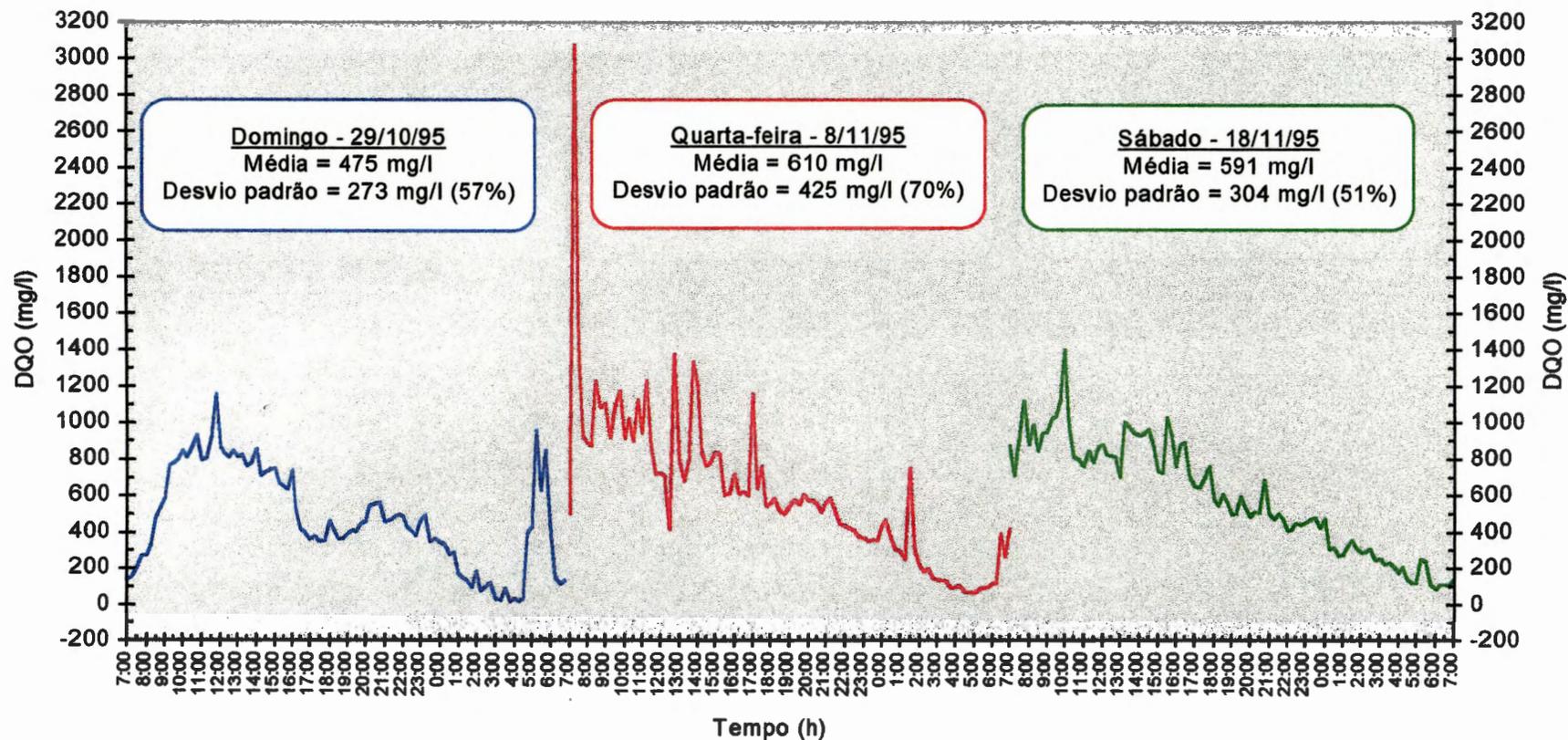


FIGURA 6.8 - Variação da DQO (mg/l) de esgoto sanitário, durante 24 horas, para três dias distintos.

Valores obtidos a cada intervalo de 15 minutos.

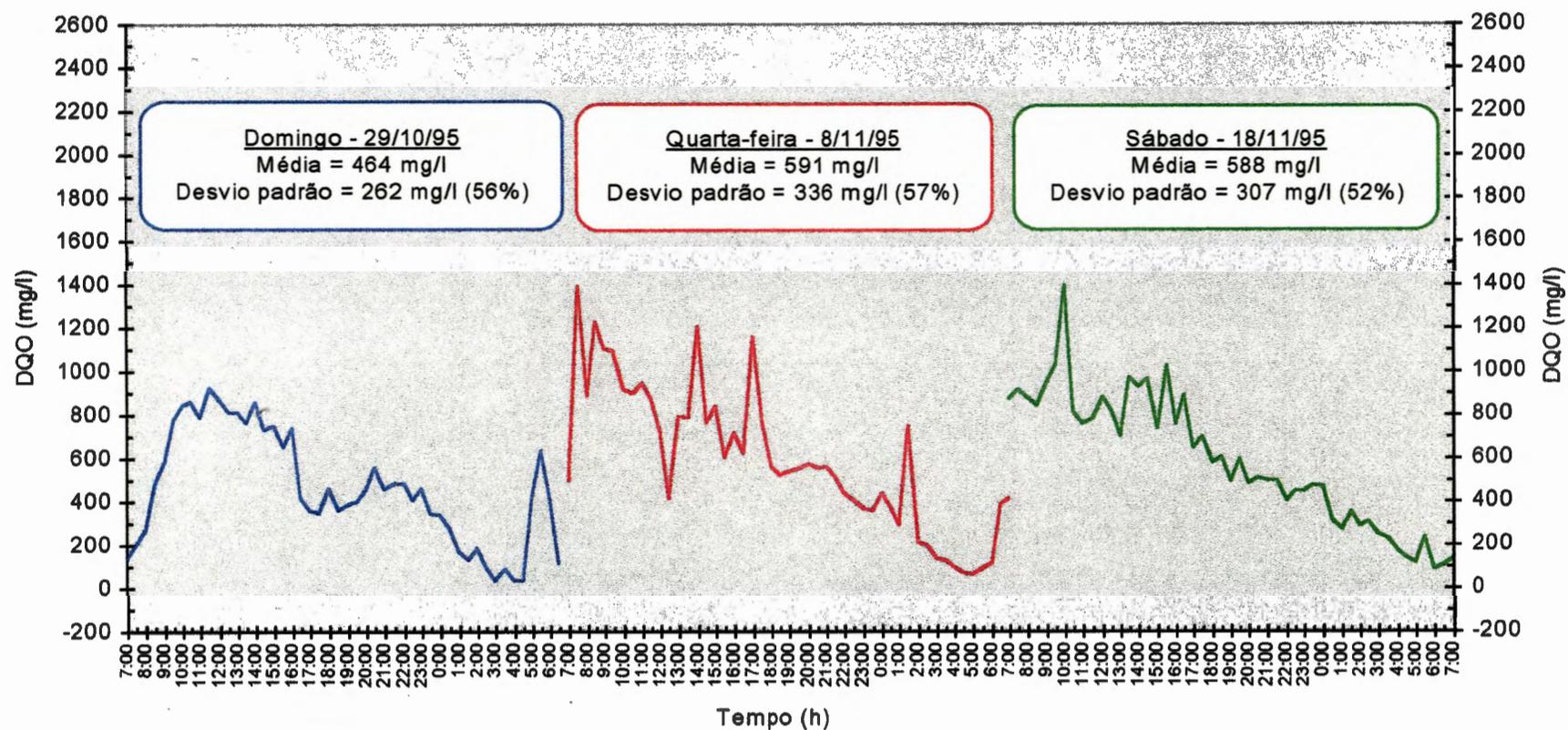


FIGURA 6.9 - Variação da DQO (mg/l) de esgoto sanitário, durante 24 horas, para três dias distintos. Representação da frequência de amostragem em intervalos de 30 minutos.

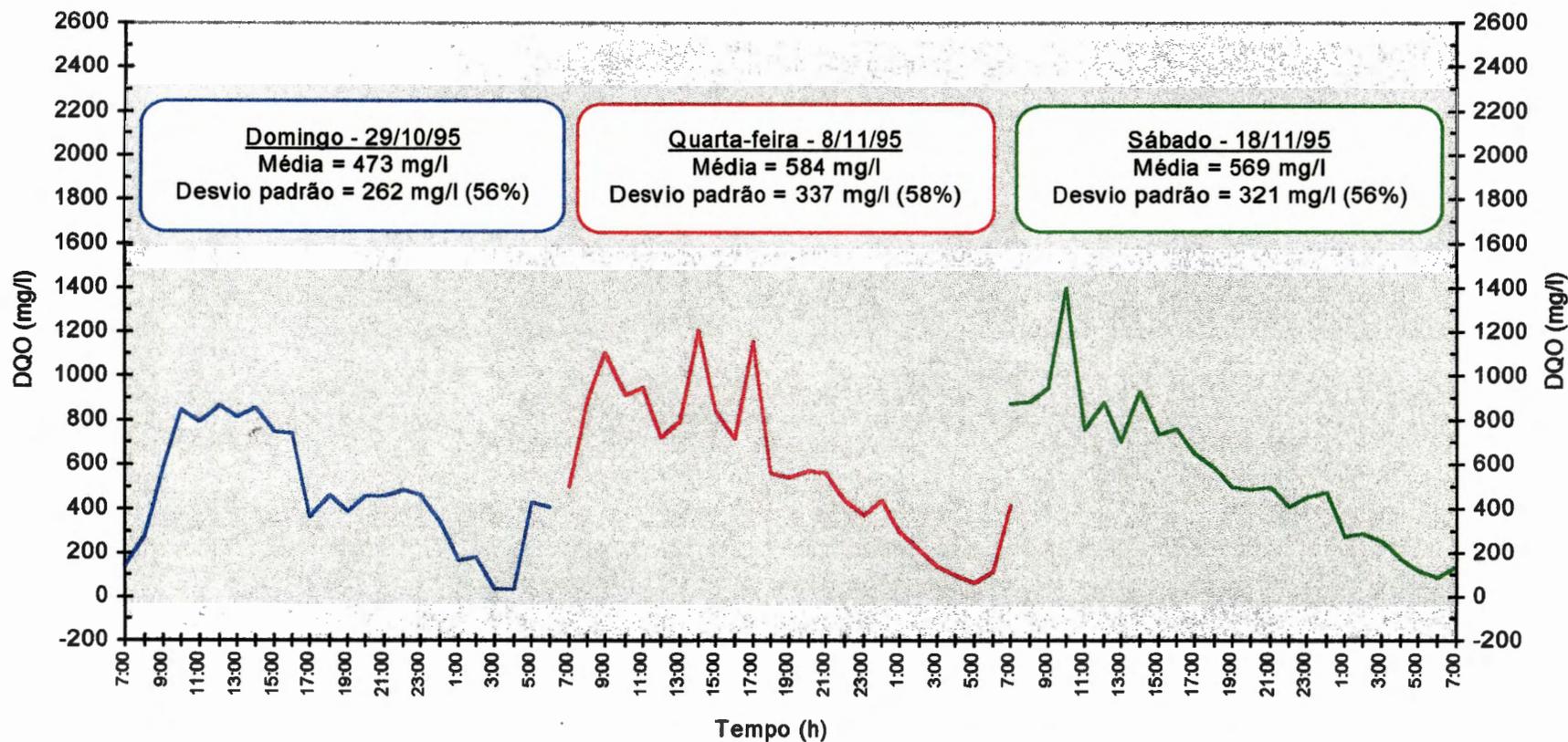


FIGURA 6.10 - Variação da DQO (mg/l) de esgoto sanitário, durante 24 horas, para três dias distintos. Representação da freqüência de amostragem em intervalos de 1 hora.

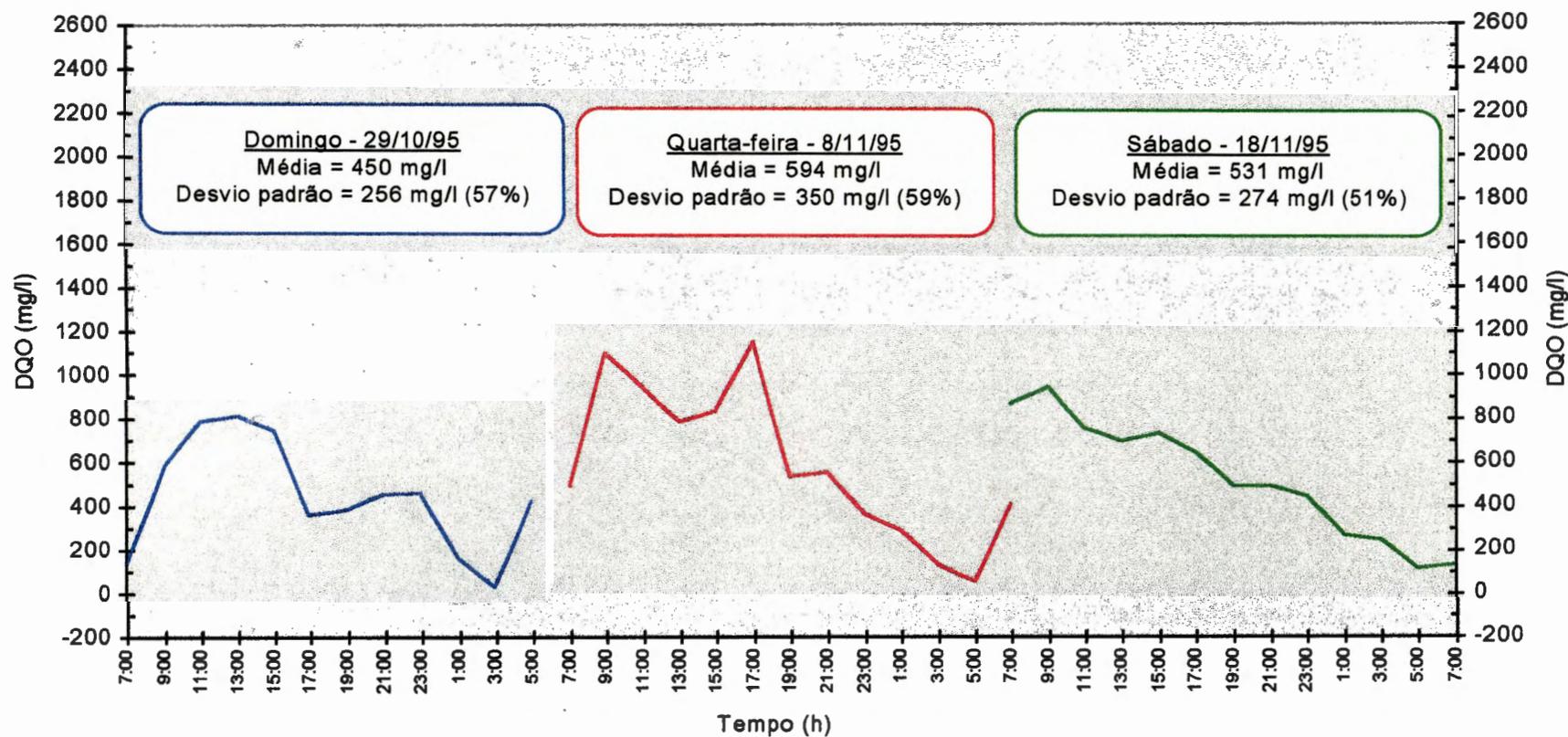


FIGURA 6.11 - Variação da DQO (mg/l) de esgoto sanitário, durante 24 horas, para três dias distintos.

Representação da frequência de amostragem em intervalos de 2 horas.

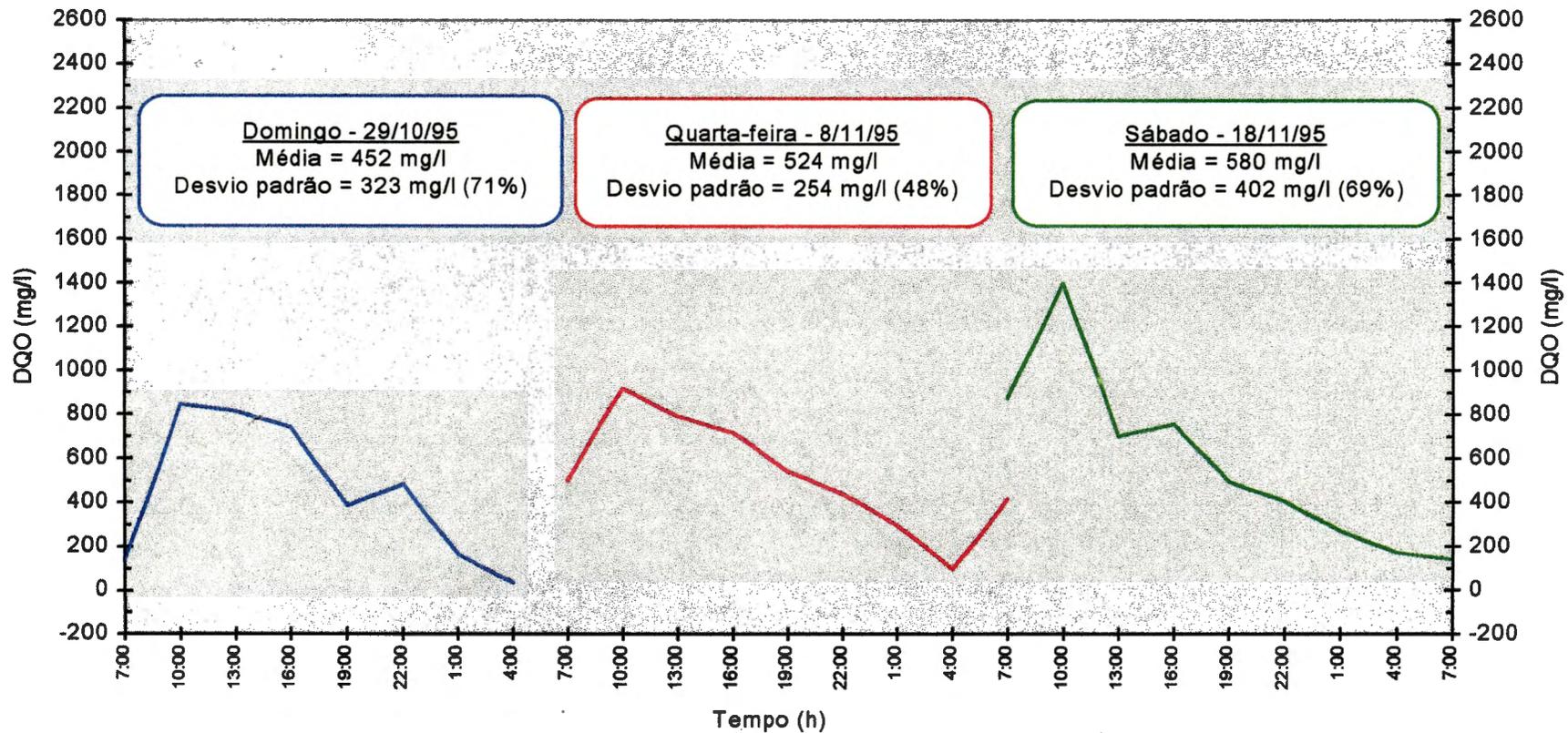


FIGURA 6.12 - Variação da DQO (mg/l) de esgoto sanitário, durante 24 horas, para três dias distintos. Representação da frequência de amostragem em intervalos de 3 horas.

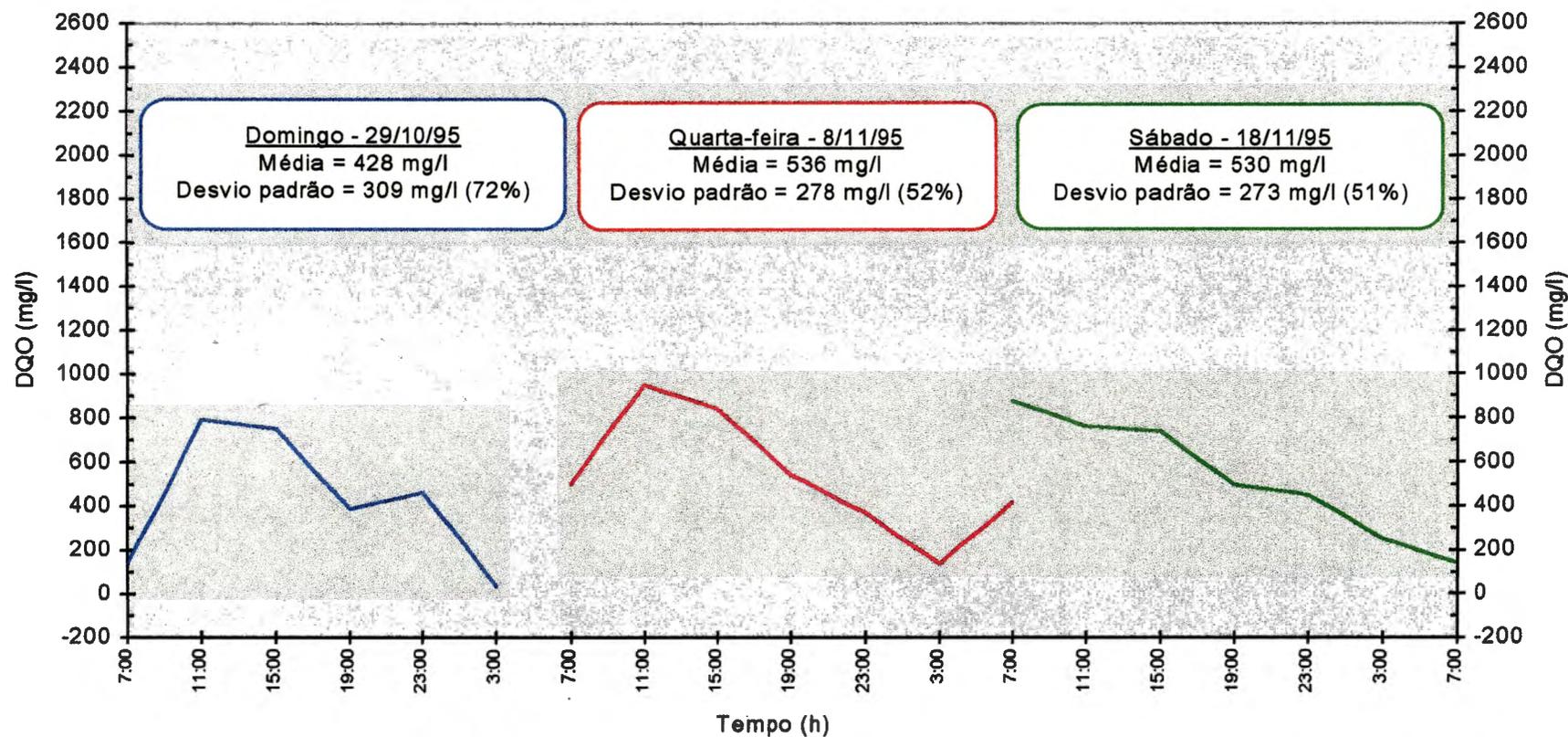


FIGURA 6.13 - Variação da DQO (mg/l) de esgoto sanitário, durante 24 horas, para três dias distintos. Representação da frequência de amostragem em intervalos de 4 horas.

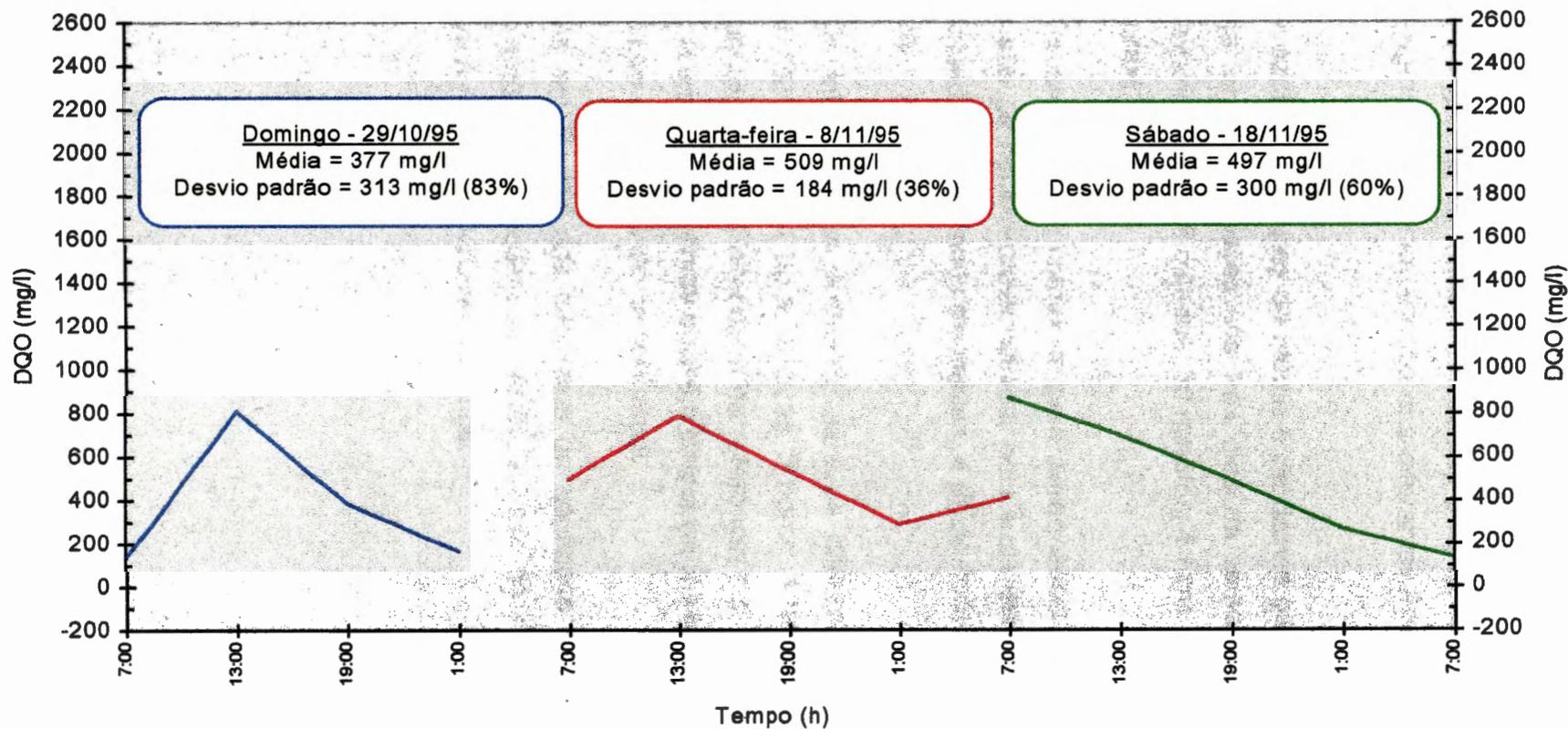


FIGURA 6.14 - Variação da DQO (mg/l) de esgoto sanitário, durante 24 horas, para três dias distintos. Representação da frequência de amostragem em intervalos de 6 horas.

Observa-se pelas Figuras 6.8 a 6.14, que uma quantidade de informações é perdida quando as frequências de amostragem aumentam. Além disso, os valores de média e de desvio padrão, mostrados nos quadros destas figuras, variam em função das diferentes frequências de amostragem.

A partir dos valores de média e de desvio padrão, os intervalos de confiança foram calculados nos três dias da semana, para cada frequência de amostragem (15 minutos, 30 minutos, 1 hora, 2 horas, 3 horas, 4 horas e 6 horas).

Os intervalos de confiança para a frequência de amostragem de 15 minutos são os mais representativos, pois suas determinações basearam-se na totalidade dos dados existentes, e desta forma, são os intervalos de referência.

Os intervalos de confiança para as diferentes frequências de amostragem (30 minutos, 1 hora, 2 horas, 3 horas, 4 horas e 6 horas) são então comparadas com os intervalos de referência por intermédio de suas amplitudes. A amplitude definida aqui é a diferença entre o valor máximo e o valor mínimo de cada intervalo de confiança.

As amplitudes dos intervalos de confiança em função da frequência de amostragem podem ser vistas, a título de ilustração, na Figura 6.15, relativa à média de DQO no Domingo.

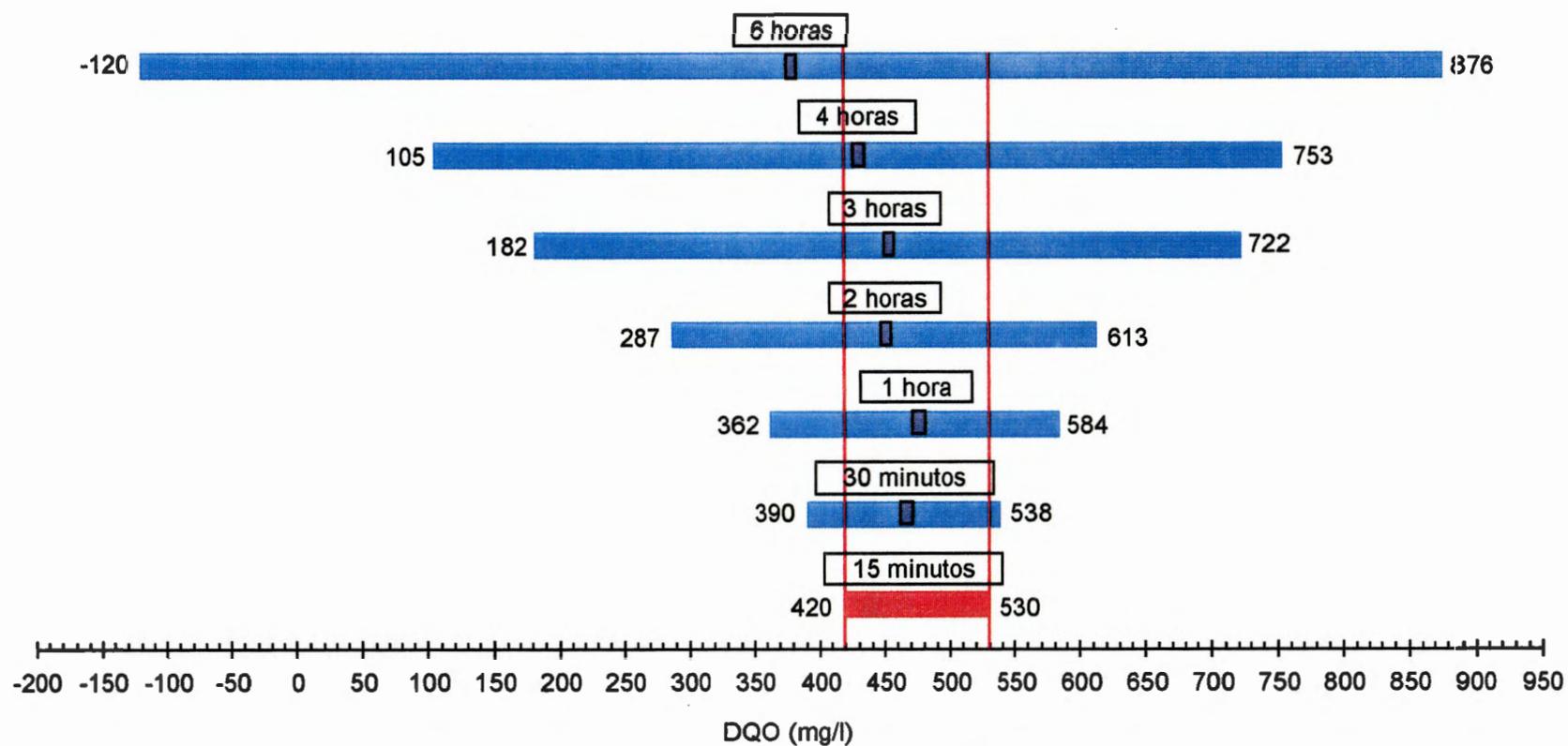


FIGURA 6.15 - Intervalos de confiança da média de DQO (mg/l) para diversas frequências de amostragem no Domingo.

Conforme se observa nesta figura, as amplitudes maiores se verificam para as maiores freqüências de amostragem. O objetivo agora é limitar até qual freqüência de amostragem existe uma amplitude que se difere aceitavelmente da amplitude do intervalo de referência.

Para isto, estabeleceu-se um índice denominado perda de informação, que é dado pela seguinte razão:

$$\text{perda de informação} = \frac{I - I_{\text{ref}}}{I_{\text{ref}}} \quad (6.16)$$

Em que:

I: amplitude do intervalo de confiança de certa freqüência de amostragem

I ref: amplitude do intervalo de referência (relativo à freqüência de 15 minutos)

O índice perda de informação permite comparar os intervalos de confiança das diversas freqüências de amostragem com o intervalo de referência. O índice quantifica a diferença entre o intervalo de confiança avaliado e o intervalo de referência. Quando o índice é grande, a diferença entre o intervalo de referência e o intervalo de confiança de certa freqüência é também grande e pode-se dizer então que quanto maior o índice, maior a perda de informação.

Os valores do índice perda de informação foram calculados com os intervalos de confiança da média de DQO e de vazão para cada dia da semana. Nas Figuras 6.16 a 6.23 apresentam-se os gráficos do índice perda de informação em função da freqüência de amostragem nas diferentes defasagens.

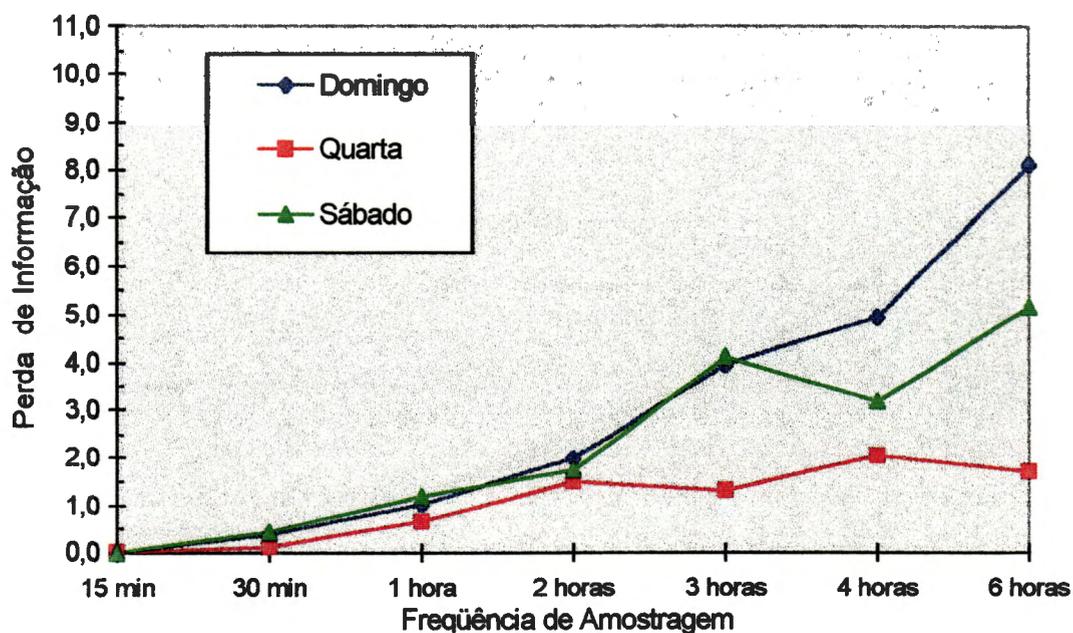


FIGURA 6.16 - Gráfico da Perda de informação em função das frequências de amostragem, relativo aos dados de DQO.

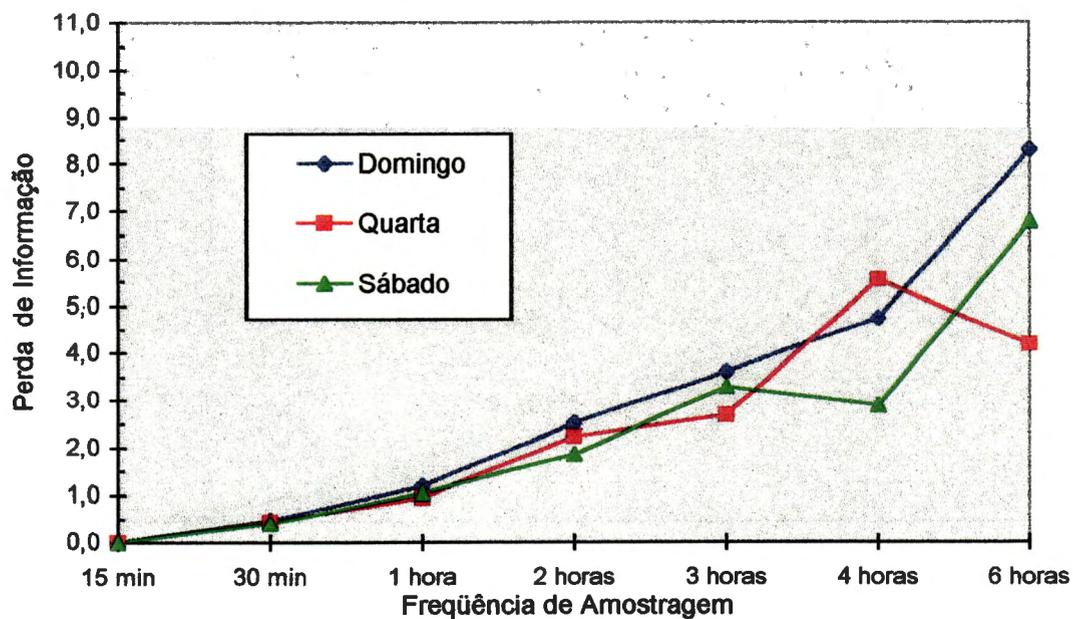


FIGURA 6.17 - Gráfico da Perda de informação em função das frequências de amostragem, relativo aos dados de DQO com defasagem de 15 minutos.

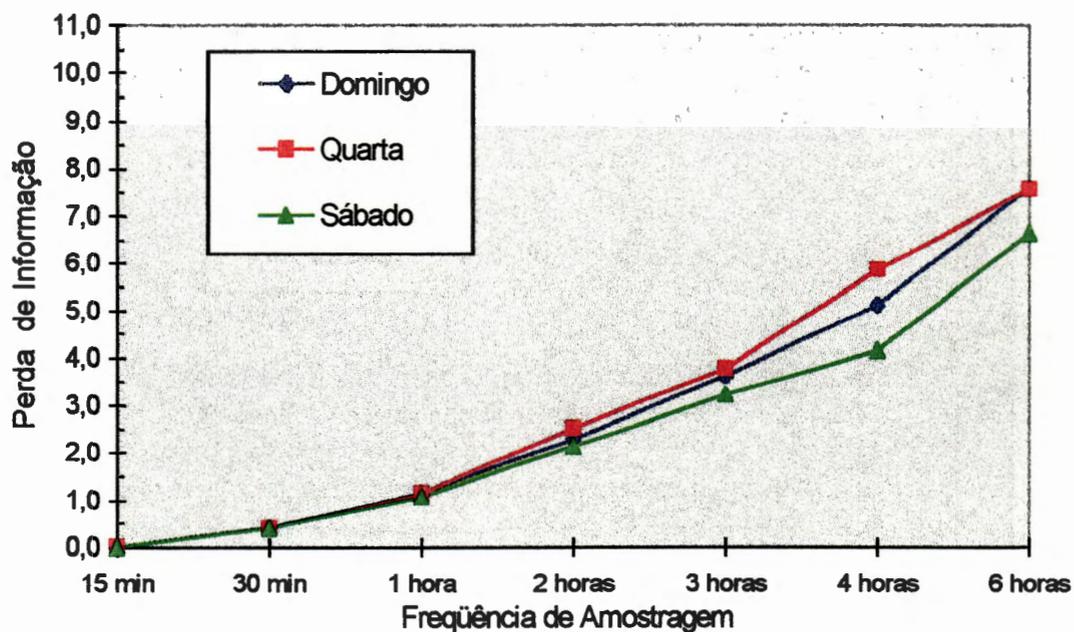


FIGURA 6.18 - Gráfico da Perda de informação em função das frequências de amostragem, relativo aos dados de DQO com defasagem de 30 minutos.

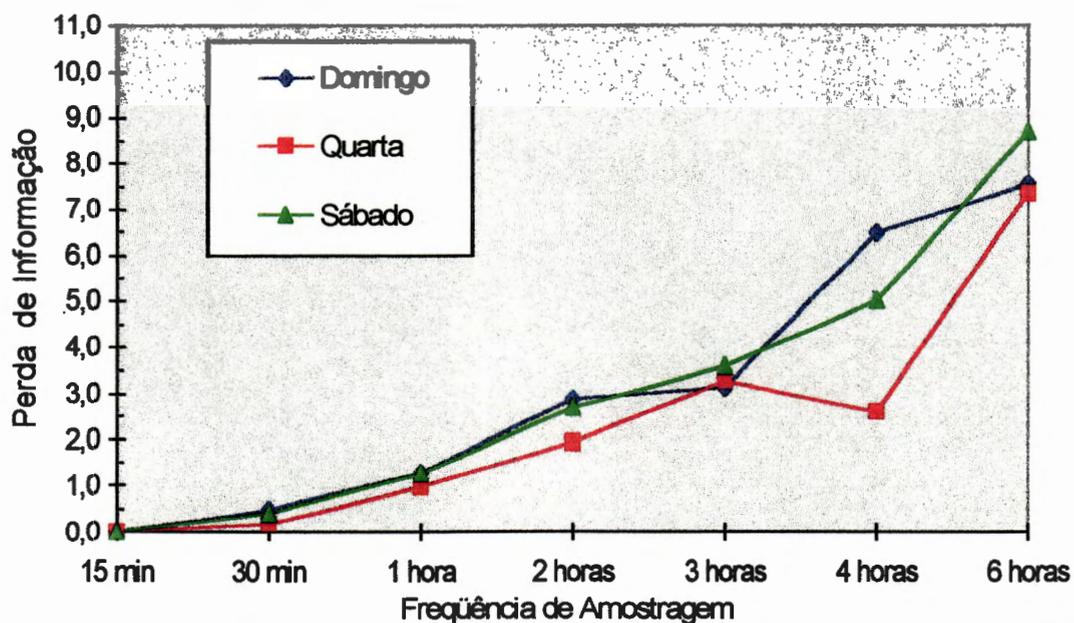


FIGURA 6.19 - Gráfico da Perda de informação em função das frequências de amostragem, relativo aos dados de DQO com defasagem de 45 minutos.

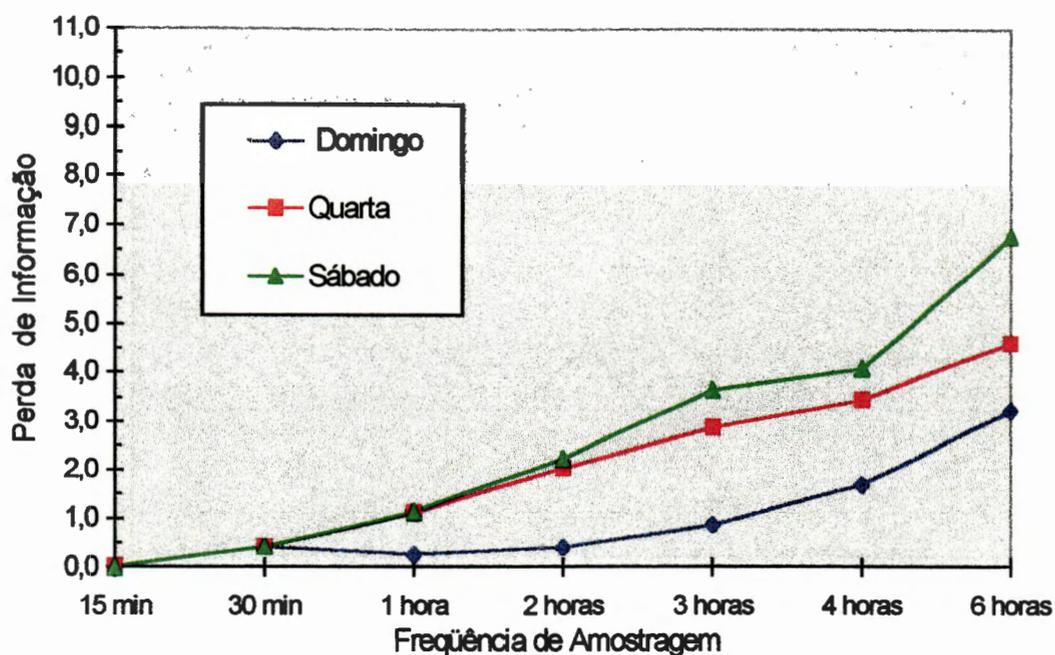


FIGURA 6.20 - Gráfico da Perda de informação em função das frequências de amostragem, relativo aos dados de Vazão.

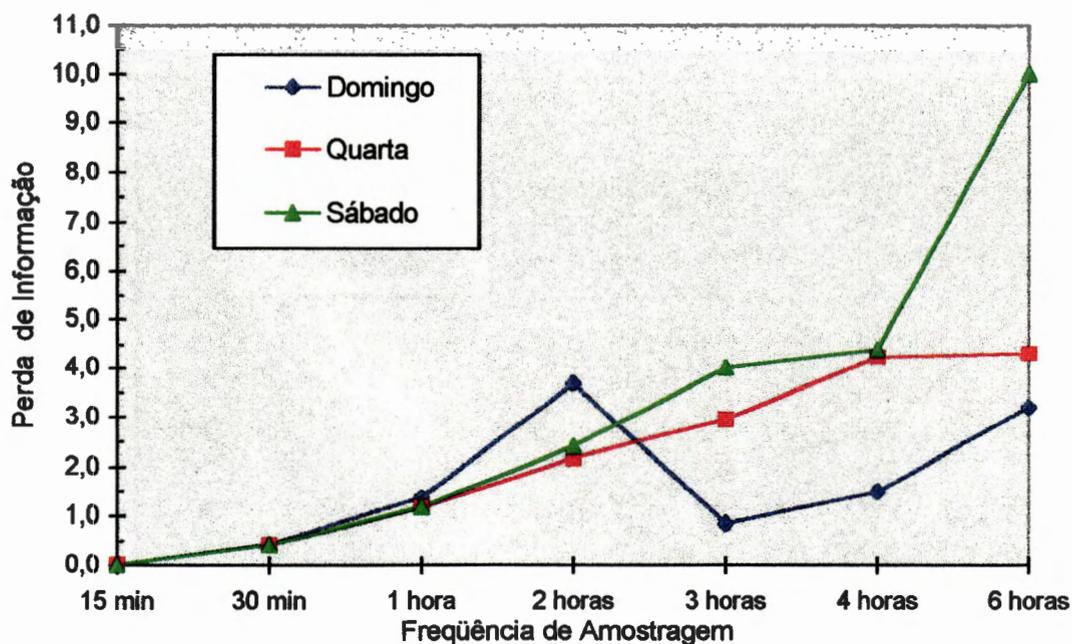


FIGURA 6.21 - Gráfico da Perda de informação em função das frequências de amostragem, relativo aos dados de Vazão com defasagem de 15 minutos.

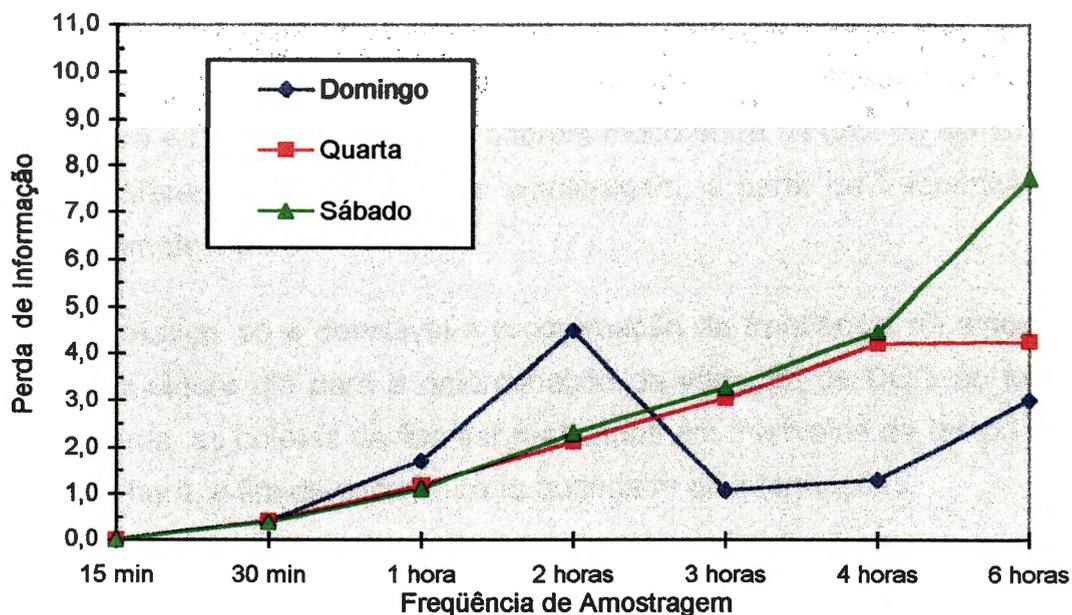


FIGURA 6.22 - Gráfico da Perda de informação em função das frequências de amostragem, relativo aos dados de Vazão com defasagem de 30 minutos.

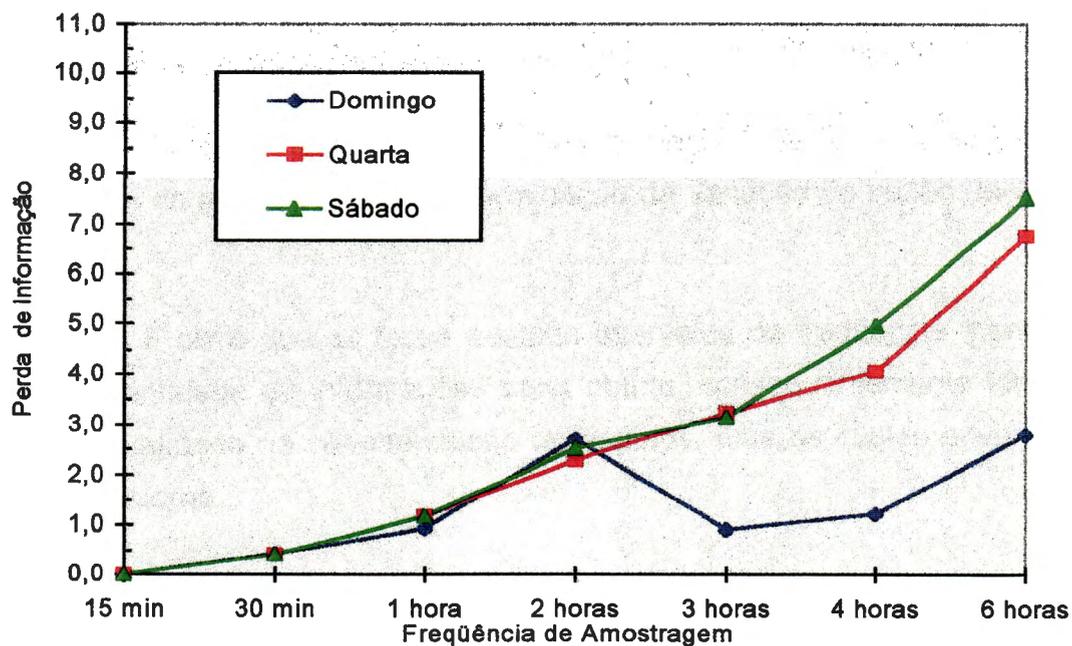


FIGURA 6.23 - Gráfico da Perda de informação em função das frequências de amostragem, relativo aos dados de Vazão com defasagem de 45 minutos.

Pelas Figuras 6.16 a 6.19, comparando-se os valores dos índices perda de informação para diferentes freqüências de amostragem, percebe-se que para a DQO, estes valores diferem muito entre os dias da semana e entre as diferentes freqüências de amostragem, a partir da freqüência de amostragem de 1 hora.

Assim, se é desejável a programação da freqüência de amostragem em qualquer dia para a determinação da variação de DQO ao longo das 24 horas, as coletas devem ser realizadas em intervalos de tempo máximo de 1 hora, a fim de garantir certa qualidade de informações.

A recomendação da freqüência de amostragem de 1 hora para a determinação da variação da DQO pode ser adotada para a determinação de outros parâmetros físico-químicos.

Com relação à vazão, os valores dos coeficientes de perda de informação para diferentes freqüências de amostragem, Figuras 6.20 a 6.23, diferem muito entre os dias da semana e entre as diferentes freqüências de amostragem a partir da freqüência de amostragem de 30 minutos.

Recomenda-se então o intervalo máximo de 30 minutos para a freqüência de amostragem na determinação da variação de vazão de esgotos.

É claro que se fosse adotado intervalos de freqüência menores, maior quantidade de informações seria obtida, conseqüentemente teria-se melhor qualidade na caracterização de esgotos, mas os custos envolvidos seriam maiores.

## CAPÍTULO 7

# MÉTODO DE CARACTERIZAÇÃO DE ESGOTOS

### 7.1 CONSIDERAÇÕES INICIAIS

Como se observa dos resultados obtidos e da avaliação dos parâmetros e coeficientes usualmente empregados em projetos de sistemas de esgotos sanitários, as características reais de esgotos às vezes são bem diferentes daquelas consideradas e adotadas em projetos.

Comprova-se então a necessidade de se realizar a caracterização de esgotos sanitários com coletas efetivas de dados e amostras de esgotos.

Para isto, o método de caracterização de esgotos é elaborado, especificando as etapas e os procedimentos necessários para obter, de maneira fácil e objetiva, dados representativos de esgotos, permitindo o conhecimento de suas características.

O método proposto neste trabalho é baseado nas observações encontradas na bibliografia consultada e da experiência adquirida durante a realização do presente trabalho.

O método de caracterização de esgotos sanitários proposto neste trabalho indica diversos procedimentos que auxiliarão no desenvolvimento

de aquisição de dados sobre esgotos de cidades, traçando diretrizes para as coletas de dados e amostras de esgotos sanitários.

Não se pretende constituir o método proposto como padrão a ser seguido, mas apresentar indicações úteis de como proceder-se na aquisição de dados representativos para a caracterização de esgotos sanitários.

Inicialmente apresenta-se o fluxograma contendo as etapas sugeridas do método de caracterização, que são descritas detalhadamente, em seguida. A quantidade de amostras e a frequência de amostragem, definidas anteriormente na seção 6.13 são apresentadas na programação proposta de amostragem. E finalmente apresenta-se o levantamento dos custos envolvidos no emprego do método proposto.

## **7.2 FLUXOGRAMA DO MÉTODO PROPOSTO DE CARACTERIZAÇÃO DE ESGOTOS SANITÁRIOS**

Para melhor compreensão, os procedimentos a serem realizados no levantamento de dados de esgotos para a sua caracterização são apresentados mediante o fluxograma da Figura 7.1.

Cada procedimento citado no fluxograma do método de caracterização de esgotos sanitários é descrito detalhadamente a seguir. Estes procedimentos são apresentados como sugestão e recomendação.

É importante observar que o levantamento de dados de esgotos deve ser realizado avaliando-se sempre as fontes de informações, que precisam ser confiáveis, atuais e originais.

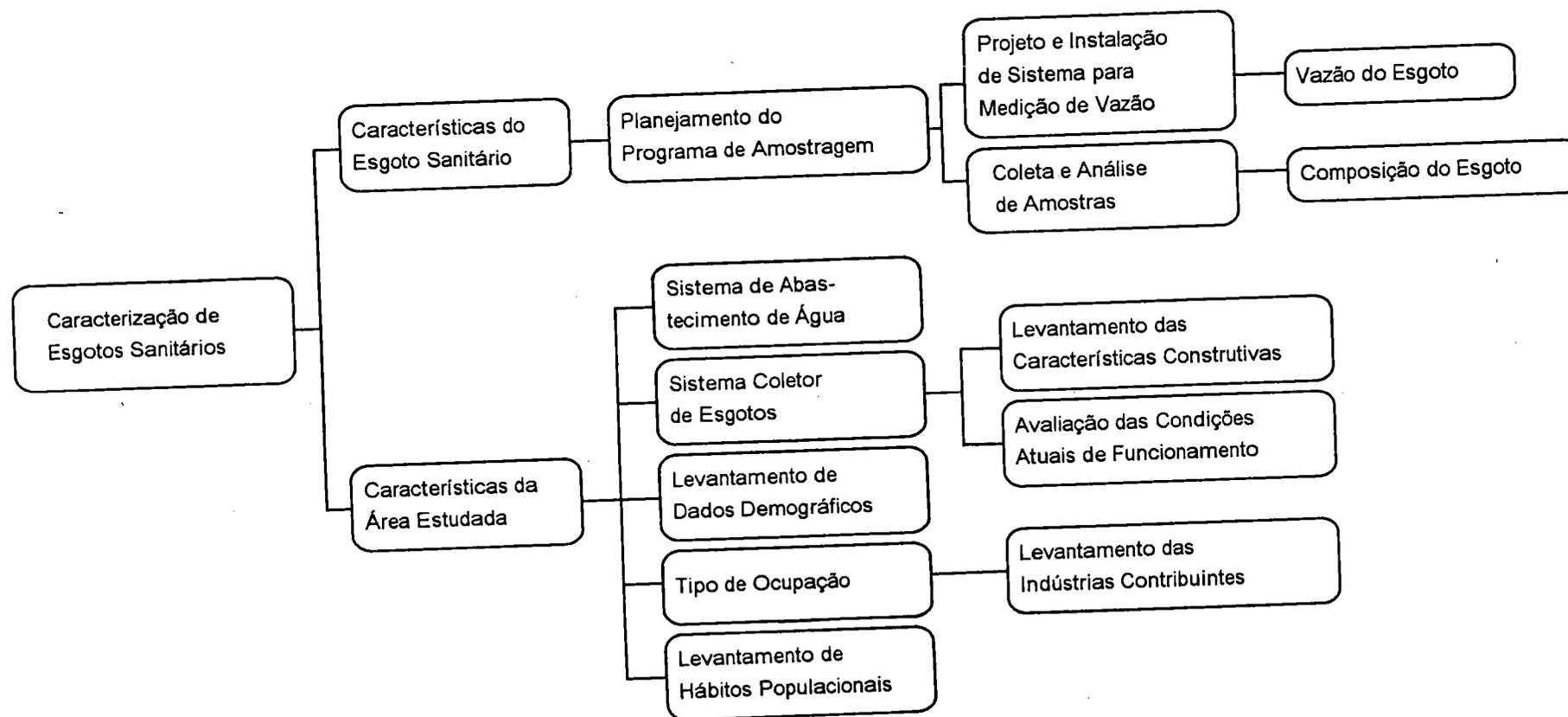


FIGURA 7.1 - Fluxograma do método de caracterização de esgotos sanitários.

## 7.3 DESCRIÇÃO DAS ETAPAS DO MÉTODO

Descreve-se a seguir cada etapa apresentada no fluxograma do método de caracterização de esgotos (Figura 7.1).

### 7.3.1 PLANEJAMENTO DO PROGRAMA DE AMOSTRAGEM

Convém salientar a importância da realização da etapa de Planejamento do Programa de Amostragem, já que os dados obtidos, os resultados e todas as conclusões conseqüentes dependem e baseiam-se nesta etapa.

O planejamento do programa de amostragem compreende diversas atividades, comentadas anteriormente na seção 4.2 e na seção 5.4, que são citadas resumidamente:

- definição dos objetivos de amostragem;
- seleção da área a ser estudada (bacias hidrográficas) e dos locais de coleta de dados e amostras;
- seleção dos parâmetros de caracterização de esgotos (os parâmetros sugeridos para a caracterização de esgotos são: vazão, pH, temperatura, DQO, DBO, Sólidos Totais, Sólidos Suspensos, Sólidos Sedimentáveis, Nitrogênio Amoniacal, Nitrogênio Total, Nitrogênio Nitrato, Nitrogênio Nitrito, Fosfato Total, óleos e graxas, alcalinidade, Zinco, Chumbo, Cádmio, Níquel, Ferro, Manganês, Cobre e Cromo);
- programação dos dias de coletas de dados e amostras;
- programação do número e freqüência de coleta de dados e amostras (No planejamento do programa de amostragem de esgotos, geralmente ocorrem algumas dúvidas quanto à seleção do melhor método de amostragem (amostragem aleatória, sistemática, sim-

ples, composta ou integrada) e também quanto à definição do número de amostras a serem coletadas e qual a frequência que devem ser coletadas. Elucidaram-se tais dúvidas pelo estudo realizado e descrito na seção 6.13 e pela programação proposta de amostragem, sugerida na seção 7.4);

- seleção dos métodos de preservação e armazenamento de amostras (citados na seção 4.4, Tabela 4.1);
- seleção dos métodos analíticos laboratoriais e programação do laboratório.

### **7.3.2 PROJETO E INSTALAÇÃO DE SISTEMA PARA MEDIÇÃO DE VAZÃO**

A seleção do tipo de sistema para medição de vazão depende das condições existentes no local de amostragem e dos recursos financeiros disponíveis. A aquisição de medidores de vazão mais sofisticados, como medidores automáticos e contínuos, deve ser avaliada, ponderando-se a relação custo benefício do equipamento medidor associando-o às necessidades atuais e futuras.

Os medidores de vazão devem ser instalados em locais apropriados para permitir as coletas de amostras e o monitoramento de outras características, como pH e temperatura.

### **7.3.3 COLETAS DE AMOSTRAS**

Antes da realização efetiva de coletas de amostra, efetua-se a preparação para as coletas, cujas atividades, apresentadas detalhadamente no capítulo 4 e nas seções 5.6 e 5.7, são:

- aquisição dos frascos de amostras;
- confecção de etiquetas de identificação dos frascos;

- treinamento para as coletas;
- aquisição de material de proteção individual;
- aquisição de materiais para coleta, preservação e armazenamento de amostras;
- verificação das condições locais para realização das coletas (iluminação, segurança, acesso, etc.).

Após a realização da preparação para as coletas, realizam-se efetivamente as coletas de dados e amostras de esgotos nos dias agendados, segundo o programa de amostragem.

#### **7.3.4 SISTEMA COLETOR DE ESGOTOS**

Os seguintes dados do sistema coletor de esgotos, conseguidos na companhia responsável pelo serviço de saneamento da cidade, são importantes:

- elementos constituintes do sistema coletor (rede coletora, coletores tronco, interceptores e emissários, estações elevatórias);
- número de ligações de esgotos;
- porcentagem de atendimento à população;

As seguintes características construtivas do sistema coletor devem ser levantadas:

- tipo de materiais das tubulações;
- diâmetros das tubulações;
- tipos de juntas empregados;
- poços de visita (quantidade e material);

- método de assentamento das tubulações.

A avaliação das condições do sistema coletor deve ser feita, levantando-se informações sobre:

- estado de conservação e manutenção (pontos do sistema com frequência de obstruções);
- existência de ligações irregulares de águas pluviais;
- avaliação da infiltração de águas subterrâneas na rede coletora.

### **7.3.5 SISTEMA DE ABASTECIMENTO DE ÁGUA**

Os dados de água de abastecimento, levantados na companhia responsável pela captação, tratamento e distribuição de águas, e de interesse são:

- sistema de captação, tratamento e distribuição de água (estações de tratamento, poços artesianos, reservatórios, rede de distribuição);
- número de ligações domiciliares de água;
- porcentagem de atendimento de água à população;
- volume diário de captação e de tratamento de água;
- porcentagem de perdas durante o processo de produção de água (desde a captação até a distribuição).

### **7.3.6 LEVANTAMENTO DE DADOS DEMOGRÁFICOS**

Os dados demográficos podem ser obtidos na prefeitura da cidade ou junto à instituição responsável pelo recenseamento, no caso do presente trabalho, o IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Os seguintes dados são úteis:

- número de habitantes;
- número de habitantes por residência;
- renda familiar.

### **7.3.7 LEVANTAMENTO DE HÁBITOS POPULACIONAIS**

O levantamento de hábitos populacionais deve ser realizado por pesquisa de campo, em que seleciona-se aleatoriamente uma quantidade estipulada estatisticamente de residências a serem entrevistadas. As questões a serem empregadas devem ser colocadas de maneira indireta para evitar que o entrevistado oculte ou minta a resposta. Ao final do questionário, as questões devem ser feitas diretamente para efeito de comparação. Tal procedimento tem o objetivo de deixar o entrevistado à vontade sem ter o intuito de se defender ocultando ou mentindo as respostas, para obter informações verdadeiras. As seguintes informações são importantes:

- consumo mensal de água;
- uso de água para diversos fins;
- capacidade de armazenamento domiciliar de água (caixa d'água);
- situação das instalações de águas pluviais.

### **7.3.8 TIPO DE OCUPAÇÃO**

As informações sobre a ocupação da bacia ou da área estudada podem ser conseguidas na prefeitura da cidade e são:

- área total do perímetro urbano;
- número e localização de indústrias;
- as diversas áreas residenciais, com classificação quanto à classe social;

- áreas públicas, estabelecimentos comerciais, escolas, hospitais, parques, praças, etc.

### **7.3.9 LEVANTAMENTO DAS INDÚSTRIAS CONTRIBUINTES**

Deve ser realizado o levantamento detalhado de dados das indústrias, adquiridos na própria empresa ou na unidade local do órgão fiscalizador de controle ambiental, como por exemplo a CETESB (Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental), que atua no estado de São Paulo. As informações das indústrias que lançam seus despejos líquidos no sistema coletor são:

- tipo de atividade industrial;
- quantidade de efluentes (vazão) e tipo de contribuição (contínuo ou batelada);
- tipo de tratamento de efluentes empregado antes do lançamento no sistema coletor;
- características físico-químicas dos efluentes.

### **7.4 PROGRAMAÇÃO PROPOSTA DE AMOSTRAGEM**

A programação de amostragem proposta nesta seção visa fornecer os procedimentos adequados para coleta de dados e amostras de esgotos. Esta programação foi elaborada mediante o estudo realizado na seção 6.13 do Capítulo 6 e pelas observações e experiências adquiridas durante a realização deste trabalho.

Apesar dos procedimentos concluídos na programação de amostragem serem estabelecidos especificamente para os dados e as condições do presente trabalho, deduz-se que os conceitos definidos desta programação possam ser aplicados e generalizados coerentemente a outras condições, a outras cidades e a locais com características diferentes.

Se é desejável obter a variação de um determinado parâmetro de concentração, por exemplo a DQO, ao longo do tempo em 24 horas, aconselha-se coletar amostras simples na freqüência de amostragem de 1 hora. O esquema desta programação de amostragem é apresentado na Figura 7.2.

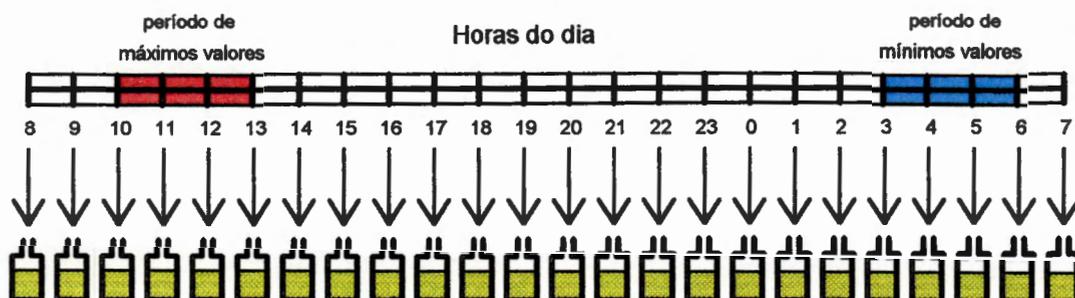


FIGURA 7.2 - Amostragem simples : coleta de amostras a cada intervalo de 1 hora para obtenção da variação de concentração de esgotos (por exemplo DQO) ao longo do tempo de 24 horas. Total: 24 amostras simples.

Se a medição da variação de vazão não puder ser feita continuamente por um aparelho automático, recomenda-se realizar leituras de vazão a cada intervalo de 30 minutos.

Para obtenção de uma média geral das características do esgoto, é interessante adotar a amostragem composta proporcional à vazão. Esta amostragem composta pode ser realizada de 2 formas: obtendo-se uma amostra única composta no período de um dia e outra obtendo-se 4 amostras compostas em 4 períodos do dia.

A primeira forma de amostragem composta, baseia-se na coleta de alíquotas a cada 1 hora, medindo-se a vazão no momento da coleta, e reunindo-se as alíquotas em uma única amostra ao final do dia, proporcionalmente à vazão. Este procedimento é mostrado pela Figura 7.3.

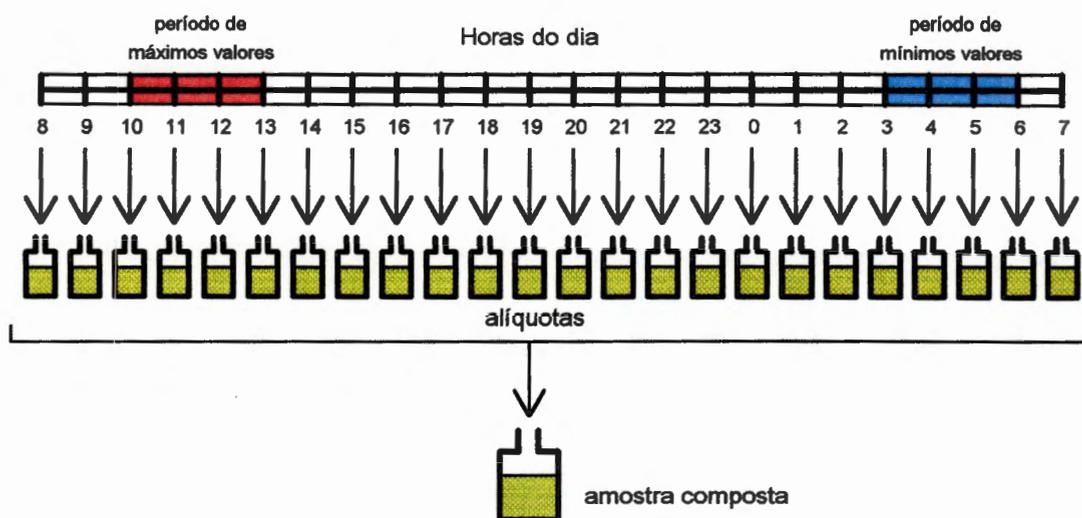


FIGURA 7.3 - Amostragem composta: coleta de alíquotas em intervalos de 1 hora e composição proporcional à vazão de uma amostra para obtenção de valores médios de concentração de esgotos no dia. Total: uma amostra composta.

A segunda forma de amostragem composta é conseguida pela coleta de alíquotas a cada intervalo de 1 hora, medindo-se a vazão no momento da coleta, e reunindo-se as alíquotas proporcionalmente à vazão nos seguintes períodos:

- a) Amostra 1: no período das 8h00min às 13h00min;
- b) Amostra 2: no período das 14h00min às 19h00min;
- c) Amostra 3: no período das 20h00min às 1h00min;
- d) Amostra 4: no período das 2h00min às 7h00min.

O período referente à Amostra 1 (das 8h00min às 13h00min) inclui o período de máximos valores determinado anteriormente na seção 6.7 do capítulo 6, que é das 10h00min às 13h00min. Assim, esta amostra possivelmente conterá os valores máximos de concentração de esgotos.

O período referente à Amostra 4 (das 2h00min às 7h00min) inclui o período de mínimos valores determinado anteriormente na seção 6.7 do capítulo 6, que é das 3h00min às 6h00min. Assim, esta amostra possivelmente conterá os valores mínimos de concentração de esgotos.

O esquema desta programação da frequência de amostragem é apresentado na Figura 7.4.

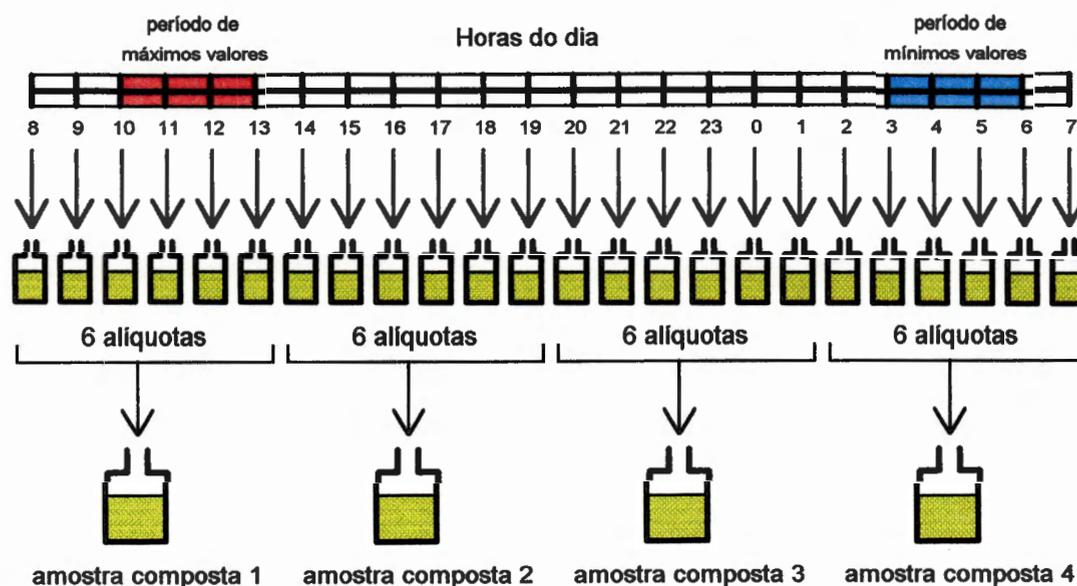


FIGURA 7.4 - Amostragem composta: coleta de alíquotas em intervalos de 1 hora e composição proporcional à vazão de 4 amostras a cada 6 horas para obtenção de valores médios de concentração de esgotos em 4 períodos do dia. Total: 4 amostras compostas.

Convém lembrar que alguns parâmetros de caracterização de esgotos, como óleos e graxas, não podem ser determinados por amostragem composta, se é desejável obter amostras representativas. Para estes parâmetros é aconselhável a realização de amostragem simples para obtenção de valores significativos de sua concentração.

A programação proposta de amostragem compreende, para cada campanha de coleta, o total de 24 amostras simples e 5 amostras compos-

tas para a determinação íntegra da variação e da média das características quantitativas e qualitativas de esgotos.

## **7.5 ANÁLISE DE CUSTOS DO MÉTODO PROPOSTO**

Os custos envolvidos para a realização do método de caracterização de esgotos compreendem: os custos de análises laboratoriais; os custos de mão de obra; os custos dos materiais para coleta de amostras; os custos dos equipamentos; os eventuais custos para aquisição de dados cobrados; e os custos de planejamento e execução do método.

Os custos das análises laboratoriais são levantados a partir de pesquisa orçamentária a laboratórios especializados em análises físico-químicas de amostras de esgotos. Os valores são função do tipo do parâmetro a ser determinado em cada amostra.

Os custos dos materiais para a coleta de amostras compreendem os valores para aquisição de frascos, produtos químicos de preservação, caixas térmicas para armazenamento, vidraria, termômetro, pHmetro, pranchetas, botas, luvas, máscaras, aventais, etc.

Os custos dos equipamentos compreendem os valores gastos para a aquisição e instalação de um medidor de vazão, e eventualmente de um coletor automático de amostras. O investimento em equipamento automático e mais sofisticado é justificado pelo seu uso posterior na estação de tratamento de esgotos.

Os custos de mão de obra envolvem o pagamento de funcionários para a realização das coletas de amostras, para a instalação dos equipamentos, para a pesquisa de campo, etc. Estes valores não foram estimados por se mostrarem sem sentido em outra situação, pois variam conforme a localidade e as condições existentes de trabalho.

Os eventuais custos para aquisição de dados são valores cobrados para aquisição de dados, por exemplo de instituições de pesquisas, tais

como, IBGE, prefeitura da cidade, departamento de água da cidade. No presente trabalho, todos os custos para obtenção dos dados obtidos foram subsidiados por se tratar de uma pesquisa científica.

Os custos de planejamento e de execução do método compreendem os seguintes valores necessários: honorário do programador e coordenador responsável pelo trabalho; custos de hospedagem, alimentação e transporte do coordenador do trabalho; custos de transporte das amostras e dos funcionários.

Neste estudo são avaliados somente os custos das análises laboratoriais, dos materiais para as coletas de amostras e do equipamento medidor de vazão. Os valores estimados destes custos são aproximados, dando apenas uma idéia da grandeza do que é gasto nas atividades de coleta de amostras para a caracterização de esgotos sanitários.

O levantamento dos custos foram realizados em Agosto de 1997, no momento desta redação, a fim de dispor esta avaliação a mais atual possível. Estes valores estão apresentados detalhadamente no Anexo E. Os valores levantados das diversas parcelas dos custos estão listados na Tabela 7.1.

TABELA 7.1 - Custos parciais envolvidos no método de caracterização de esgotos (Data do levantamento: Agosto de 1997).

ANÁLISES LABORATORIAIS	
Custos das análises por campanha*	R\$ 1.950,00
MATERIAIS PARA AS COLETAS DE AMOSTRAS	
Custos dos materiais consumíveis por campanha*	R\$ 50,00
Custos dos materiais não consumíveis*	R\$ 500,00
MEDIDOR DE VAZÕES E INSTALAÇÃO	
Custo do medidor Parshall em fibra de vidro	R\$ 5.000,00
Custo do medidor automático	R\$ 8.000,00

\* Valores detalhados no Anexo E. Entende-se por material não consumível aquele que pode ser reutilizado em outras campanhas de coletas.

A soma dos custos das análises laboratoriais e dos materiais consumíveis para as coletas é de R\$ 2.000,00 por campanha. Os custos dos materiais não consumíveis e do medidor de vazão totalizam R\$ 5.500,00, se a opção é pelo medidor Parshall, ou de R\$ 8.500,00, se a opção é pelo medidor automático. Sem considerar os custos de mão de obra, os de planejamento e execução do método, e os de aquisição de dados o custo total do método de caracterização de esgotos sanitários para uma campanha é de aproximadamente R\$ 7.500,00 (medidor Parshall) ou de R\$ 10.500,00 (medidor automático), relativamente muito pequeno comparando-se aos custos envolvidos nos projetos de sistemas de esgotos.

## **CAPÍTULO 8**

### **CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES**

Os resultados obtidos no levantamento de dados e amostras de esgotos sanitários na bacia do ribeirão do Ouro da cidade de Araraquara-SP apresentaram as variações das características do esgoto ao longo do tempo e a composição média do esgoto, determinada pelas concentrações médias de DBO (325 mg/l), DQO (646 mg/l), sólidos suspensos totais (259 mg/l), sólidos dissolvidos totais (325 mg/l), sólidos totais (584 mg/l), sólidos sedimentáveis (5,3 mg/l), nitrogênio total (44,3 mg/l), nitrogênio amoniacal (25,3 mg/l), nitrogênio nitrato (2,4 mg/l), nitrogênio nitrito (0,03 mg/l), fósforo total (16,9 mg/l), óleos e graxas (14 mg/l), alcalinidade (69,7 mg/l), pH (7,4) e temperatura (26°C).

Percebeu-se que há grande e significativa contribuição industrial ao sistema coletor de esgoto, observado pelas variações nas concentrações de DQO, pH, e temperatura e pelas diferenças observadas entre os valores médios de DQO, DBO, sólidos e alcalinidade obtidos na Quarta-feira (dia com atividade industrial) e no Domingo (dia sem atividade industrial).

Verificou-se que as contribuições industriais são singulares e ocorrem inesperadamente ao longo do dia, modificando as características dos esgotos. Tal fato vem reforçar ainda mais a importante necessidade da realização da caracterização qualitativa e quantitativa de esgotos sanitários.

Da avaliação dos parâmetros e coeficientes de projetos de sistemas de esgotos sanitários, conclui-se que os valores usualmente adotados, baseados em dados de bibliografia, nem sempre são condizentes com as condições reais e diferem, às vezes muito, das características dos esgotos em vigor.

Destacam-se os valores estimados dos parâmetros DBO per capita, na ordem de 46 g/pessoa.dia, e taxa de infiltração, por volta de 0,16 l/s.km, observando-se que esses valores são bem menores dos usualmente adotados e recomendados pelas literaturas.

A taxa de infiltração que ocorre nas tubulações do sistema coletor de esgotos raramente é estimada por se considerar de difícil e complicada determinação. Neste trabalho, o valor desta taxa foi estimado pelo método da medição das vazões mínimas noturnas de esgoto. Este método mostrou-se relativamente simples e envolveu o levantamento de dados que não são difíceis de serem obtidos.

O estudo da submersão da rede coletora de esgotos, apresentado na seção 5.10.4, se possível ser realizado, auxilia muito na avaliação da infiltração, pois determina a quantidade da tubulação da rede coletora que está suscetível à ocorrência da infiltração de águas subterrâneas.

Além do método da medição de vazões mínimas noturnas de esgotos, adotado para a determinação da infiltração, tentou-se aplicar um método inédito e consistente, baseado na concentração de Flúor presente nos esgotos e nas águas de abastecimento da cidade, descrito na seção 5.11. Apesar do método não ter sido concluído neste trabalho, devido a problemas para determinação analítica da concentração de Flúor no esgoto, sugere-se que outras alternativas devam ser empregadas e testadas, a fim de dar continuidade ao trabalho e concluí-lo, visto que o método baseado na concentração de Flúor mostra-se valioso e de grande potencial para a determinação da infiltração em redes coletoras de esgotos.

Os valores de DBO per capita e de taxa de infiltração, assim como outros parâmetros e coeficientes de projeto são importantíssimos no pré-dimensionamento de sistemas de tratamento de esgotos. A não investigação preliminar in loco dos seus valores poderá conduzir no sub ou superdimensionamento das unidades da estação de tratamento. Se, por um lado, os valores dos parâmetros e coeficientes de projeto foram subdimensionados, a operação e o período de alcance do projeto da estação de tratamento podem ficar comprometidos. E, por outro lado, se os parâmetros e coeficientes foram superestimados, houve investimentos desnecessários e poderão ocorrer problemas na partida da estação de tratamento de esgotos, além de baixa eficiência no tratamento.

Comprova-se então a importante necessidade de um levantamento preliminar de dados com a caracterização qualitativa e quantitativa de esgotos sanitários.

Para isto, o método de caracterização de esgotos, elaborado no capítulo 7, propõe etapas e procedimentos necessários para obter, de maneira fácil e objetiva, dados representativos de esgotos, permitindo o conhecimento detalhado de suas características.

Percebe-se que o levantamento de dados pelo método proposto de caracterização de esgotos é relativamente simples e permite uma melhor avaliação dos valores dos parâmetros e coeficientes a serem empregados em projetos de sistemas de esgotos.

Na execução do método de caracterização de esgotos poucos recursos são necessários. Os custos envolvidos no método, parcialmente levantados na seção 7.5, mostraram-se bem baixos, comparados com a economia que o método proposto possa trazer.

Portanto, sugere-se o emprego do método de caracterização de esgotos sanitários na fase de anteprojetos de sistemas de esgotos. A existência de dados reais de esgotos contribui muito para a elaboração de bons projetos de sistemas de esgotos, permitindo a realização de cálculos e

dimensionamentos mais precisos e fundamentados, proporcionando melhor e adequado aproveitamento dos recursos disponíveis.

A programação proposta de amostragem, definida na seção 7.4 estabelece o número de amostras e a frequência de amostragem no período de 24 horas a ser empregada. Esta programação foi baseada nos dados de esgotos adquiridos em três dias distintos e específicos e somente numa época do ano. A quantidade de dados pode ser julgado, do ponto de vista estatístico, insuficiente para conclusões generalizadas e afirmativas. Entretanto, acredita-se que os resultados sejam significativos e conclusivos para o estabelecimento da programação de amostragem no período de 24 horas.

A definição desta programação proposta de amostragem é um passo inicial para alcançar uma programação de amostragem ao longo de diferentes épocas do ano, até o momento inexistente. Sugere-se então a continuidade deste estudo para determinação da variação de dados de esgotos ao longo dos dias da semana e ao longo do ano, aplicando-se a programação de amostragem definida neste trabalho.

---

**ANEXO A**  
**DADOS DE ESGOTOS**

TABELA A.1 - Dados obtidos de Vazão, pH, Temperatura e DQO

Dia 29/10/95 - Domingo

Horário	Condição do Tempo	Vazão (l/s)	pH	Temp. (°C)	DQO (mg/l)
07:00	Nublado	96	7,2	24	137
07:15	Nublado	106	7,3	25	152
07:30	Nublado	118	7,1	25	202
07:45	Nublado	129	7,0	25	268
08:00	Nublado	141	7,1	25	275
08:15	Nublado	160	7,0	26	334
08:30	Nublado	166	7,1	26	487
08:45	Nublado	179	7,0	26	540
09:00	Nublado	193	7,1	26	590
09:15	Nublado	193	7,0	26	768
09:30	Nublado	221	7,1	24	779
09:45	Nublado	228	7,2	24	803
10:00	Nublado	235	7,1	24	846
10:15	Nublado	235	7,0	26	812
10:30	Nublado	242	7,0	26	861
10:45	Sol	242	6,9	26	929
11:00	Sol	250	7,0	27	793
11:15	Sol	250	6,9	27	809
11:30	Nublado	250	7,0	27	924
11:45	Nublado	250	8,6	27	1157
12:00	Nublado	250	7,1	27	867
12:15	Nublado	250	7,2	27	829
12:30	Nublado	250	6,9	27	811
12:45	Nublado	250	6,8	27	848
13:00	Nublado	250	6,9	28	815
13:15	Nublado	250	6,9	27	825
13:30	Nublado	250	6,9	27	765
13:45	Nublado	250	6,9	27	782
14:00	Nublado	235	6,6	27	857
14:15	Nublado	235	6,8	28	710
14:30	Nublado	235	6,8	28	732
14:45	Nublado	235	6,8	27	742
15:00	Nublado	235	6,9	27	750
15:15	Nublado	228	6,9	27	669
15:30	Nublado	207	6,9	27	652
15:45	Nublado	207	6,9	27	637

Fonte : Aquisição de dados (Outubro de 1995)

TABELA A.1 - Dados obtidos de Vazão, pH, Temperatura e DQO

Dia 29/10/95 - Domingo (Continuação)

Horário	Condição do Tempo	Vazão (l/s)	pH	Temp. (°C)	DQO (mg/l)
16:00	Nublado	193	6,9	26	741
16:15	Nublado	186	6,9	26	521
16:30	Nublado	265	7,0	26	419
16:45	Nublado	288	7,0	26,5	398
17:00	Nublado	272	7,0	27	364
17:15	Nublado	272	7,0	26	380
17:30	Nublado	265	7,0	26	349
17:45	Nublado	265	7,0	26	351
18:00	Nublado	265	7,1	26	461
18:15	Nublado	257	7,1	25	411
18:30	Nublado	242	7,3	25	361
18:45	Nublado	242	7,4	25	366
19:00	Nublado	235	7,3	25	390
19:15	Nublado	221	7,2	25	410
19:30	Nublado	221	7,2	24	404
19:45	Nublado	214	7,3	24	446
20:00	Nublado	214	7,2	24	458
20:15	Nublado	200	7,2	24	549
20:30	Nublado	200	7,2	24	557
20:45	Nublado	193	7,1	24	565
21:00	Nublado	193	7,1	24	459
21:15	Nublado	193	7,0	24	465
21:30	Nublado	179	7,3	23	484
21:45	Nublado	179	7,3	23	497
22:00	Nublado	179	7,3	23	484
22:15	Nublado	179	7,2	24	430
22:30	Nublado	166	7,3	23	409
22:45	Nublado	166	7,4	23	381
23:00	Nublado	154	7,4	24	463
23:15	Nublado	147	7,4	26	494
23:30	Nublado	154	7,4	26	348
23:45	Nublado	147	7,4	24	368
00:00	Nublado	141	7,5	25	342
00:15	Nublado	141	7,5	26	334
00:30	Nublado	129	7,5	25	278
00:45	Nublado	129	7,6	25	289

Fonte : Aquisição de dados (Outubro de 1995)

TABELA A.1 - Dados obtidos de Vazão, pH, Temperatura e DQO

Dia 29/10/95 - Domingo (Continuação)

Horário	Condição do Tempo	Vazão (l/s)	pH	Temp. (°C)	DQO (mg/l)
01:00	Nublado	129	7,5	25	168
01:15	Nublado	106	7,4	26	150
01:30	Nublado	106	7,6	26	132
01:45	Nublado	106	7,2	25	96
02:00	Nublado	106	7,3	25	185
02:15	Nublado	101	7,3	26	79
02:30	Chuvisco	96	7,3	25	100
02:45	Chuvisco	96	7,3	24	122
03:00	Chuvisco	90	7,4	26	38
03:15	Chuva	90	7,3	26	24
03:30	Chuva	90	7,4	25	91
03:45	Chuva	90	7,5	25	19
04:00	Chuva	90	7,5	24	36
04:15	Chuva	90	7,2	24	19
04:30	Chuva	90	7,4	24	37
04:45	Chuva	141	7,3	24	396
05:00	Chuva	141	7,5	24	428
05:15	Chuva	890	7,1	22	957
05:30	Chuvisco	1.021	7,0	22	632
05:45	Chuvisco	731	7,1	22	847
06:00	Chuvisco	487	7,0	23	410
06:15	Chuvisco	432	7,2	23	156
06:30	Chuvisco	432	7,3	23	117
06:45	Chuvisco	432	7,3	23	135

Fonte : Aquisição de dados (Outubro de 1995)

TABELA A.2 - Dados obtidos de Vazão, pH, Temperatura e DQO

Dia 08/11/95 - Quarta-feira

Horário	Condição do tempo	Vazão (l/s)	pH	Temp. (°C)	DQO (mg/l)
07:00	Sol	179	10,0	26,0	502
07:15	Sol	207	11,0	26,0	3076
07:30	Sol	200	10,1	27,0	1394
07:45	Sol	186	7,9	27,0	922
08:00	Sol	207	7,4	27,0	889
08:15	Sol	207	7,3	26,0	874
08:30	Sol	221	7,0	26,0	1228
08:45	Sol	221	7,3	26,0	1081
09:00	Sol	250	6,9	26,0	1104
09:15	Sol	265	7,0	26,0	918
09:30	Sol	265	6,9	26,0	1093
09:45	Sol	280	7,1	27,0	1172
10:00	Sol	280	6,9	27,0	916
10:15	Sol	280	6,9	27,0	1023
10:30	Sol	296	6,9	27,0	899
10:45	Sol	280	7,1	27,0	1127
11:00	Sol	272	7,1	27,0	946
11:15	Sol	280	7,0	27,0	1232
11:30	Sol	280	7,0	27,0	873
11:45	Sol	265	7,0	27,0	717
12:00	Sol	265	7,0	28,0	722
12:15	Sol	280	7,2	27,0	708
12:30	Sol	272	7,2	28,0	418
12:45	Sol	265	2,0	27,0	1372
13:00	Sol	265	7,2	28,0	792
13:15	Sol	265	7,2	28,0	681
13:30	Sol	265	7,1	28,0	787
13:45	Sol	265	7,1	28,0	1333
14:00	Sol	265	7,0	28,0	1204
14:15	Sol	250	7,2	27,0	840
14:30	Sol	250	7,3	27,0	763
14:45	Sol	250	7,2	27,0	781
15:00	Sol	235	7,2	28,0	839
15:15	Sol	235	7,0	28,0	826
15:30	Sol	221	7,5	29,0	605
15:45	Sol	221	7,5	28,0	614

Fonte : Aquisição de dados (Novembro de 1995)

TABELA A.2 - Dados obtidos de Vazão, pH, Temperatura e DQO

Dia 08/11/95 - Quarta-feira (Continuação)

Horário	Condição do tempo	Vazão (l/s)	pH	Temp. (°C)	DQO (mg/l)
16:00	Sol	221	7,6	28,0	716
16:15	Sol	235	7,6	28,0	610
16:30	Sol	235	7,7	28,0	623
16:45	Sol	221	7,4	28,0	600
17:00	Sol	235	7,7	28,0	1155
17:15	Sol	235	7,8	28,0	641
17:30	Sol	221	7,9	28,0	757
17:45	Sol	207	7,9	28,0	542
18:00	Sol	207	7,8	28,0	560
18:15	Sol	221	8,0	28,0	586
18:30	Sol	235	8,0	27,0	522
18:45	Sol	221	8,0	27,0	501
19:00	Sol	221	8,1	27,0	540
19:15	Sol	221	8,2	27,5	580
19:30	Sol	214	8,1	27,0	553
19:45	Sol	221	8,0	27,0	606
20:00	Noite	221	8,0	27,0	571
20:15	Noite	221	8,0	27,0	573
20:30	Noite	235	8,1	27,0	556
20:45	Noite	235	8,2	27,5	513
21:00	Noite	235	8,2	27,0	561
21:15	Noite	235	8,2	27,0	590
21:30	Noite	221	8,2	27,0	514
21:45	Noite	221	8,4	27,0	445
22:00	Noite	207	8,8	27,0	437
22:15	Noite	207	8,3	26,0	420
22:30	Noite	207	8,3	26,0	409
22:45	Noite	221	8,1	26,0	373
23:00	Noite	166	8,4	26,0	369
23:15	Noite	166	8,3	26,0	350
23:30	Noite	166	8,5	26,0	359
23:45	Noite	154	8,2	26,0	351
00:00	Noite	141	8,4	26,0	437
00:15	Noite	135	0,3	25,0	465
00:30	Noite	129	8,6	26,0	380
00:45	Noite	118	8,4	26,0	305

Fonte : Aquisição de dados (Novembro de 1995)

TABELA A.2 - Dados obtidos de Vazão, pH, Temperatura e DQO

Dia 08/11/95 - Quarta-feira (Continuação)

Horário	Condição do tempo	Vazão (l/s)	pH	Temp. (°C)	DQO (mg/l)
01:00	Noite	118	8,6	26,0	296
01:15	Noite	154	8,3	26,0	255
01:30	Noite	154	8,3	29,0	749
01:45	Noite	106	8,3	35,0	295
02:00	Noite	96	8,4	27,0	213
02:15	Noite	90	8,4	27,0	187
02:30	Noite	85	8,5	27,0	199
02:45	Noite	80	8,5	26,0	147
03:00	Noite	80	8,7	26,0	137
03:15	Noite	80	8,5	25,0	134
03:30	Noite	75	8,7	25,0	131
03:45	Noite	75	8,6	25,0	94
04:00	Noite	75	8,9	25,0	98
04:15	Noite	75	8,7	25,0	106
04:30	Noite	80	8,6	25,0	73
04:45	Noite	85	8,6	25,0	70
05:00	Noite	75	8,6	25,0	64
05:15	Noite	75	8,7	25,0	88
05:30	Noite	75	8,6	25,0	94
05:45	Noite	80	7,1	25,5	98
06:00	Noite	80	8,7	25,0	119
06:15	Noite	85	8,6	25,0	121
06:30	Sol	96	8,7	25,0	390
06:45	Sol	106	8,7	26,0	267
07:00	Sol	129	8,6	26,0	417

Fonte : Aquisição de dados (Novembro de 1995)

TABELA A.3 - Dados obtidos de Vazão, pH, Temperatura e DQO

Dia 18/11/95 - Sábado

Horário	Condição do Tempo	Vazão (l/s)	pH	Temp. (°C)	DQO (mg/l)
07:00	Sol	85	6,7	25,0	874
07:15	Sol	96	6,8	25,0	711
07:30	Sol	154	6,8	25,0	916
07:45	Sol	154	6,7	26,0	1120
08:00	Sol	166	6,8	25,0	880
08:15	Sol	179	6,9	25,0	987
08:30	Sol	193	7,0	26,0	843
08:45	Sol	193	7,1	26,0	938
09:00	Sol	214	--	26,0	948
09:15	Sol	235	--	26,0	1018
09:30	Sol	235	--	26,0	1035
09:45	Sol	250	--	26,0	1124
10:00	Sol	250	--	26,0	1398
10:15	Nublado	257	--	27,0	987
10:30	Nublado	250	--	26,0	811
10:45	Nublado	250	--	27,0	795
11:00	Nublado	250	--	27,0	758
11:15	Nublado	250	--	27,0	843
11:30	Nublado	250	--	27,0	781
11:45	Nublado	280	7,1	27,0	862
12:00	Nublado	250	7,1	27,0	879
12:15	Nublado	250	7,1	28,0	820
12:30	Nublado	250	7,1	27,0	818
12:45	Nublado	265	7,0	27,0	1372
13:00	Nublado	280	7,0	28,0	701
13:15	Nublado	296	6,7	28,0	1003
13:30	Nublado	280	6,9	28,0	973
13:45	Nublado	280	6,9	28,0	939
14:00	Nublado	272	7,0	28,0	928
14:15	Nublado	272	7,0	28,0	935
14:30	Nublado	250	7,0	27,5	964
14:45	Nublado	235	6,9	27,5	866
15:00	Nublado	235	7,1	28,0	735
15:15	Nublado	221	7,0	27,5	723
15:30	Nublado	250	6,9	28,0	1027
15:45	Nublado	235	6,9	28,0	927

Fonte : Aquisição de dados (Novembro de 1995)

TABELA A.3 - Dados obtidos de Vazão, pH, Temperatura e DQO

Dia 18/11/95 - Sábado (Continuação)

Horário	Condição do Tempo	Vazão (l/s)	pH	Temp. (°C)	DQO (mg/l)
16:00	Nublado	250	6,9	28,0	758
16:15	Nublado	235	6,9	28,0	877
16:30	Nublado	221	8,5	28,0	892
16:45	Nublado	207	7,2	27,0	704
17:00	Chuva Loc.	193	7,1	26,0	648
17:15	Chuva Loc.	193	7,1	29,0	643
17:30	Chuva Loc.	207	7,1	27,0	699
17:45	Chuva Loc.	207	7,1	27,0	760
18:00	Nublado	193	7,2	26,0	579
18:15	Nublado	179	7,2	26,0	547
18:30	Nublado	179	7,3	26,0	607
18:45	Nublado	179	7,1	26,0	563
19:00	Nublado	179	7,1	27,0	496
19:15	Nublado	179	7,2	25,0	499
19:30	Nublado	179	7,1	25,0	596
19:45	Noite	179	7,1	25,0	532
20:00	Noite	179	7,2	25,0	484
20:15	Noite	193	7,2	25,0	511
20:30	Noite	207	7,0	25,5	509
20:45	Noite	193	6,9	26,0	684
21:00	Noite	193	7,0	26,0	498
21:15	Noite	193	6,9	26,0	472
21:30	Noite	193	6,9	25,0	500
21:45	Noite	193	7,0	25,0	471
22:00	Noite	193	7,0	25,0	407
22:15	Noite	193	7,0	24,0	413
22:30	Noite	193	6,9	24,0	449
22:45	Noite	193	6,9	25,0	441
23:00	Noite	166	6,9	24,0	450
23:15	Noite	141	7,0	25,0	471
23:30	Noite	141	6,9	25,0	478
23:45	Noite	129	7,0	25,0	424
00:00	Noite	129	7,0	23,0	472
00:15	Noite	129	7,0	23,0	304
00:30	Noite	123	7,0	23,0	313
00:45	Noite	118	6,9	24,0	268

Fonte : Aquisição de dados (Novembro de 1995)

TABELA A.3 - Dados obtidos de Vazão, pH, Temperatura e DQO

Dia 18/11/95 - Sábado (Continuação)

Horário	Condição do Tempo	Vazão (l/s)	pH	Temp. (°C)	DQO (mg/l)
01:00	Noite	118	7,0	24,0	275
01:15	Noite	118	7,0	24,0	315
01:30	Noite	112	7,0	24,0	354
01:45	Noite	118	7,1	25,0	314
02:00	Noite	106	6,9	24,0	289
02:15	Noite	106	6,9	24,0	290
02:30	Noite	106	7,0	23,0	307
02:45	Noite	96	6,9	23,0	245
03:00	Noite	85	7,0	23,0	253
03:15	Noite	85	7,1	23,0	225
03:30	Noite	75	6,9	23,0	229
03:45	Noite	75	6,9	23,0	205
04:00	Noite	85	6,9	23,0	173
04:15	Noite	85	6,9	23,0	206
04:30	Noite	85	7,0	24,0	142
04:45	Noite	85	6,9	24,0	120
05:00	Noite	85	6,9	24,0	121
05:15	Noite	85	6,8	24,0	252
05:30	Noite	85	6,9	24,0	237
05:45	Noite	80	6,9	25,5	98
06:00	Noite	80	6,9	23,5	89
06:15	Noite	80	6,9	24,0	110
06:30	Sol	80	6,9	23,0	109
06:45	Sol	85	6,9	23,5	112
07:00	Sol	90	6,9	23,0	141

Fonte : Aquisição de dados (Novembro de 1995)

## **ANEXO B**

**VALORES DE CONCENTRAÇÃO DE DIVERSOS  
PARÂMETROS CARACTERÍSTICOS DE ESGOTOS**

As tabelas seguintes apresentam os valores de concentração dos seguintes parâmetros: DBO, DQO, Nitrogênio (várias formas), alcalinidade, sólidos (diversas forma), metais, Fósforo, óleos e graxas.

Os valores apresentados na coluna *Média* nestas tabelas são médias ponderadas dos valores de concentração de cada período de amostragem composta, sendo que seus respectivos pesos são as vazões médias que ocorriam nestes períodos.

Convém lembrar que durante a campanha realizada no dia 29/10/95 (Domingo), por volta das 3:30, iniciou-se uma chuva forte. Um enorme aumento da vazão de esgotos pôde ser observado no local de coletas a partir das 5:15. Desta forma, coletaram-se duas amostras compostas durante este período: uma amostra composta antes do início chuva, e uma amostra composta durante o período da ocorrência de chuva. Tal procedimento foi realizado a fim de se comparar os resultados de alguns parâmetros, como DQO, DBO e Sólidos Sedimentáveis, avaliando-se o efeito da chuva nas características do esgoto sanitário.

TABELA B.1 - Valores de DQO (mg/l) em 3 dias específicos

Data	DQO (mg/l)						Média
	das 7:00 as 10:00	das 11:00 as 14:00	das 15:00 as 18:00	das 19:00 as 22:00	das 23:00 as 2:00	das 3:00 as 6:00	
29/10/95 Domingo	742	880	684	483	376	860/153*	714/536*
08/11/95 Quarta	948	927	902	680	387	192	768
18/11/95 Sábado	1130	936	758	620	380	197	760

\* Obs.: Outra amostra composta foi coletada das 3:00 as 5:00, antes do aumento de vazão devido à ocorrência da chuva, e apresentou valor de DQO de 153,0 mg/l.

TABELA B.2 - Valores de DQO (mg/l) em 3 dias específicos

Data	DQO (mg/l)				Média
	das 7:00 as 12:00	das 13:00 as 18:00	das 19:00 as 0:00	das 1:00 as 6:00	
29/10/95 Domingo	658	458	363	365/151*	458/395*
08/11/95 Quarta	1030	820	483	174	726
18/11/95 Sábado	934	760	489	213	677

\* Obs.: Outra amostra composta foi coletada das 1:00 as 5:00, antes do aumento de vazão devido à ocorrência da chuva, e apresentou valor de DQO de 151,0 mg/l.

TABELA B.3 - Valores de DBO (mg/l) em 3 dias específicos

Data	DBO (mg/l)						Média
	das 7:00 as 10:00	das 11:00 as 14:00	das 15:00 as 18:00	das 19:00 as 22:00	das 23:00 as 2:00	das 3:00 as 6:00	
29/10/95 Domingo	275	451	260	249	166	182/39*	267
08/11/95 Quarta	332	373	322	250	151	42	283
18/11/95 Sábado	665	496	445	324	225	83	424

\* Obs.: Outra amostra composta foi coletada das 3:00 as 5:00, antes do aumento de vazão devido à ocorrência da chuva, e apresentou valor de DBO de 39,0 mg/l.

TABELA B.4 - Valores de Sólidos Totais (mg/l) em 3 dias específicos

Data	Parâmetro	SÓLIDOS TOTAIS (mg/l)				Média
		das 7:00 as 12:00	das 13:00 as 18:00	das 19:00 as 0:00	das 1:00 as 6:00	
29/10/95 Domingo	Totais	713	632	464	520/563*	584
	Totais Fixos	145	167	100	138/133*	140
	Totais Voláteis	568	465	364	382/430*	444
08/11/95 Quarta	Totais	784	757	444	245	626
	Totais Fixos	269	201	210	75	210
	Totais Voláteis	515	556	234	170	416
18/11/95 Sábado	Totais	657	614	425	302	541
	Totais Fixos	178	190	39	20	128
	Totais Voláteis	479	424	386	282	413

\* Obs.: Outra amostra composta foi coletada das 1:00 as 5:00, antes do aumento de vazão devido à ocorrência da chuva, e apresentou valor de Sólidos Totais de 563 mg/l, de Sólidos Totais Fixos de 133 mg/l, e de Sólidos Totais Voláteis de 430 mg/l.

TABELA B.5 - Valores de Sólidos Suspensos (mg/l) em 3 dias específicos

Data	Parâmetro	SÓLIDOS SUSPENSOS (mg/l)				Média
		das 7:00 as 12:00	das 13:00 as 18:00	das 19:00 as 0:00	das 1:00 as 6:00	
29/10/95 Domingo	Suspensos Totais	348	228	272	428/69*	323
	Suspensos Fixos	52	40	40	104/11*	61
	Suspensos Voláteis	296	188	232	324/58*	262
08/11/95 Quarta	Suspensos Totais	357	254	180	78	248
	Suspensos Fixos	103	46	28	10	56
	Suspensos Voláteis	254	208	152	68	192
18/11/95 Sábado	Suspensos Totais	276	228	164	69	207
	Suspensos Fixos	40	32	20	10	29
	Suspensos Voláteis	236	196	144	59	178

\* Obs.: Outra amostra composta foi coletada das 1:00 as 5:00, antes do aumento de vazão devido à ocorrência da chuva, e apresentou valor de Sólidos Suspensos Totais de 69 mg/l, de Sólidos Suspensos Fixos de 11 mg/l, e de Sólidos Suspensos Voláteis de 58 mg/l.



TABELA B.6 - Valores de Sólidos Dissolvidos (mg/l) em 3 dias específicos

		SÓLIDOS DISSOLVIDOS (mg/l)				
Data	Parâmetro	das 7:00 as 12:00	das 13:00 as 18:00	das 19:00 as 0:00	das 1:00 as 6:00	Média
29/10/95 Domingo	Dissolvidos Totais	365	404	192	92/494*	261
	Dissolvidos Fixos	93	127	60	34/122*	78
	Dissolvidos Voláteis	272	277	132	58/372*	183
08/11/95 Quarta	Dissolvidos Totais	427	503	264	167	378
	Dissolvidos Fixos	166	155	182	65	155
	Dissolvidos Voláteis	261	348	82	102	223
18/11/95 Sábado	Dissolvidos Totais	381	386	261	233	335
	Dissolvidos Fixos	138	158	19	10	99
	Dissolvidos Voláteis	243	228	242	223	235

\* Obs.: Outra amostra composta foi coletada das 1:00 as 5:00, antes do aumento de vazão devido à ocorrência da chuva, e apresentou valor de Sólidos Dissolvidos Totais de 494 mg/l, de Sólidos Dissolvidos Fixos de 122 mg/l, e de Sólidos Dissolvidos Voláteis de 372 mg/l.

TABELA B.7 - Valores de Sólidos Sedimentáveis (ml/l) em 3 dias específicos

		SÓLIDOS SEDIMENTÁVEIS (ml/l)				
Data		das 7:00 as 12:00	das 13:00 as 18:00	das 19:00 as 0:00	das 1:00 as 6:00	Média
29/10/95 Domingo		9,8	5,0	4,5	4,0/1,0*	5,7
08/11/95 Quarta		7,4	5,6	3,0	1,5	5,0
18/11/95 Sábado		7,4	5,2	4,0	2,0	5,2

\* Obs.: Outra amostra composta foi coletada das 1:00 as 5:00, antes do aumento de vazão devido à ocorrência da chuva, e apresentou valor de Sólidos Sedimentáveis de 1,0 ml/l.

TABELA B.8 - Valores de Nitrogênio Total (mg/l) em 3 dias específicos

Data	NITROGÊNIO TOTAL (mg/l)				Média
	das 7:00 as 12:00	das 13:00 as 18:00	das 19:00 as 0:00	das 1:00 as 6:00	
29/10/95 Domingo	57,0	35,0	47,0	32,0	41,6
08/11/95 Quarta	63,3	41,0	47,5	38,0	49,5
18/11/95 Sábado	51,0	29,0	48,0	41,0	41,8

TABELA B.9 - Valores de Nitrogênio Amoniacal (mg/l) em 3 dias específicos

Data	NITROGÊNIO AMONIACAL (mg/l)				Média
	das 7:00 as 12:00	das 13:00 as 18:00	das 19:00 as 0:00	das 1:00 as 6:00	
29/10/95 Domingo	44,5	24,0	36,0	21,0	30,3
08/11/95 Quarta	28,4	17,4	20,5	18,0	21,8
18/11/95 Sábado	31,0	17,0	25,0	22,0	23,8

TABELA B.10 - Valores de Nitrogênio Nitrato (mg/l) em 3 dias específicos

Data	NITROGÊNIO NITRATO (mg/l)				Média
	das 7:00 as 12:00	das 13:00 as 18:00	das 19:00 as 0:00	das 1:00 as 6:00	
29/10/95 Domingo	2,80	2,50	4,00	1,43	2,6
08/11/95 Quarta	3,0	2,7	1,8	1,5	2,4
18/11/95 Sábado	3,4	2,2	1,8	1,0	2,3

TABELA B.11 - Valores de Nitrogênio Nitrito (mg/l) em 3 dias específicos

Data	NITROGÊNIO NITRITO (mg/l)				Média
	das 7:00 as 12:00	das 13:00 as 18:00	das 19:00 as 0:00	das 1:00 as 6:00	
29/10/95 Domingo	0,01	Não Detectado	Não Detectado	0,15/0,04*	0,05
08/11/95 Quarta	0,01	0,01	Não Detectado	0,11	0,02
18/11/95 Sábado	0,01	0,01	0,01	Não Detectado	0,01

\* Obs.: Outra amostra composta foi coletada das 1:00 as 5:00, antes do aumento de vazão devido à ocorrência da chuva, e apresentou valor de Nitrito de 0,04 mg/l.

TABELA B.12 - Valores de Fosfato Total (mg/l) em 3 dias específicos

Data	FOSFATO TOTAL (mg/l)				Média
	das 7:00 as 12:00	das 13:00 as 18:00	das 19:00 as 0:00	das 1:00 as 6:00	
29/10/95 Domingo	26,6	17,5	15,4	10,5	17,1
08/11/95 Quarta	24,6	20,2	12,4	6,8	18,1
18/11/95 Sábado	22,6	13,9	12,2	8,7	15,5

TABELA B.13 - Valores de Óleos e Graxas (mg/l) em 3 dias específicos

Data	ÓLEOS E GRAXAS (mg/l)				Média
	das 7:00 as 12:00	das 13:00 as 18:00	das 19:00 as 0:00	das 1:00 as 6:00	
29/10/95 Domingo	16,0	8,0	32,0	10,0	15,3
08/11/95 Quarta	8,0	6,0	4,0	2,0	5,7
18/11/95 Sábado	19,0	21,0	28,0	14,0	21,2

A seguir apresentam-se os valores determinados de concentração dos metais Zinco, Chumbo, Cádmio, Níquel, Ferro, Manganês,

Cobre e Cromo, das 4 amostras compostas de esgotos sanitários nas 3 campanhas. As análises para determinação dos metais nas amostras de esgotos foram realizadas por duas maneiras: uma fazendo-se a digestão prévia das amostras e outra sem a digestão. Este procedimento mostrou-se interessante devido à diferença encontrada nos valores de concentração de alguns metais na amostra digerida e na não digerida.

TABELA B.14 - Valores do Metal Zinco (mg/l) em 3 dias específicos

Data	Amostra	Zn (mg/l)				Média
		das 7:00 as 12:00	das 13:00 as 18:00	das 19:00 as 0:00	das 1:00 as 6:00	
29/10/95 Domingo	Não Digerida	0,38	0,33	0,36	0,55	0,41
	Digerida	0,52	0,44	0,36	0,56	0,48
08/11/95 Quarta	Não Digerida	0,54	0,37	0,32	0,23	0,40
	Digerida	0,72	0,50	0,46	0,40	0,55
18/11/95 Sábado	Não Digerida	0,38	0,31	0,21	0,19	0,29
	Digerida	0,52	0,50	0,40	0,40	0,47

TABELA B.15 - Valores do Metal Chumbo (mg/l) em 3 dias específicos

Data	Amostra	Pb (mg/l)			
		das 7:00 as 12:00	das 13:00 as 18:00	das 19:00 as 0:00	das 1:00 as 6:00
29/10/95 Domingo	Não Digerida	Não Detectado	Não Detectado	Não Detectado	Não Detectado
	Digerida	Não Detectado	Não Detectado	Não Detectado	Não Detectado
08/11/95 Quarta	Não Digerida	Não Detectado	Não Detectado	Não Detectado	Não Detectado
	Digerida	Não Detectado	Não Detectado	Não Detectado	Não Detectado
18/11/95 Sábado	Não Digerida	Não Detectado	Não Detectado	Não Detectado	Não Detectado
	Digerida	Não Detectado	Não Detectado	Não Detectado	Não Detectado

TABELA B.16 - Valores do Metal Ferro (mg/l) em 3 dias específicos

Data	Amostra	Fe (mg/l)				Média
		das 7:00 as 12:00	das 13:00 as 18:00	das 19:00 as 0:00	das 1:00 as 6:00	
29/10/95 Domingo	Não Digerida	1,06	1,70	0,98	2,11	1,53
	Digerida	8,00	7,50	3,00	10,50	7,58
08/11/95 Quarta	Não Digerida	1,11	1,15	0,78	0,72	0,99
	Digerida	4,00	2,40	2,00	1,80	2,74
18/11/95 Sábado	Não Digerida	1,00	0,90	0,68	0,65	0,85
	Digerida	3,40	2,90	2,00	1,60	2,67

TABELA B.17 - Valores do Metal Cádmio (mg/l) em 3 dias específicos

Data	Amostra	Cd (mg/l)			
		das 7:00 as 12:00	das 13:00 as 18:00	das 19:00 as 0:00	das 1:00 as 6:00
29/10/95 Domingo	Não Digerida	Não Detectado	Não Detectado	Não Detectado	Não Detectado
	Digerida	Não Detectado	Não Detectado	Não Detectado	Não Detectado
08/11/95 Quarta	Não Digerida	Não Detectado	Não Detectado	Não Detectado	Não Detectado
	Digerida	Não Detectado	Não Detectado	Não Detectado	Não Detectado
18/11/95 Sábado	Não Digerida	Não Detectado	Não Detectado	Não Detectado	Não Detectado
	Digerida	Não Detectado	Não Detectado	Não Detectado	Não Detectado

TABELA B.18 - Valores do Metal Níquel (mg/l) em 3 dias específicos

Data	Amostra	Ni (mg/l)			
		das 7:00 as 12:00	das 13:00 as 18:00	das 19:00 as 0:00	das 1:00 as 6:00
29/10/95 Domingo	Não Digerida	Não Detectado	Não Detectado	Não Detectado	Não Detectado
	Digerida	Não Detectado	Não Detectado	Não Detectado	Não Detectado
08/11/95 Quarta	Não Digerida	Não Detectado	Não Detectado	Não Detectado	Não Detectado
	Digerida	Não Detectado	Não Detectado	Não Detectado	Não Detectado
18/11/95 Sábado	Não Digerida	Não Detectado	Não Detectado	Não Detectado	Não Detectado
	Digerida	Não Detectado	Não Detectado	Não Detectado	Não Detectado

TABELA B.19 - Valores do Metal Cobre (mg/l ) em 3 dias específicos

Data	Amostra	Cu (mg/l)				Média
		das 7:00 as 12:00	das 13:00 as 18:00	das 19:00 as 0:00	das 1:00 as 6:00	
29/10/95 Domingo	Não Digerida	---	---	---	---	---
	Digerida	---	---	---	---	---
08/11/95 Quarta	Não Digerida	0,10	0,07	0,07	0,04	0,08
	Digerida	0,12	0,09	0,09	0,04	0,09
18/11/95 Sábado	Não Digerida	0,09	0,08	0,06	0,05	0,07
	Digerida	0,10	0,09	0,07	0,06	0,08

TABELA B.20 - Valores do Metal Manganês (mg/l) em 3 dias específicos

Data	Amostra	Mn (mg/l)				Média
		das 7:00 as 12:00	das 13:00 as 18:00	das 19:00 as 0:00	das 1:00 as 6:00	
29/10/95 Domingo	Não Digerida	0,08	0,10	0,09	0,11	0,10
	Digerida	0,10	0,08	0,08	0,14	0,10
08/11/95 Quarta	Não Digerida	0,06	0,08	0,05	0,07	0,06
	Digerida	0,08	0,10	0,07	0,08	0,08
18/11/95 Sábado	Não Digerida	0,06	0,05	0,03	0,03	0,05
	Digerida	0,08	0,06	0,05	0,04	0,06

TABELA B.21 - Valores do Metal Cromo (mg/l) em 3 dias específicos

Data	Amostra	Cr (mg/l)				Média
		das 7:00 as 12:00	das 13:00 as 18:00	das 19:00 as 0:00	das 1:00 as 6:00	
29/10/95 Domingo	Não Digerida	0,07	0,08	0,07	0,09	0,08
	Digerida	0,14	0,18	0,16	0,20	0,17
08/11/95 Quarta	Não Digerida	Não Detectado	Não Detectado	Não Detectado	Não Detectado	---
	Digerida	0,16	0,14	0,16	0,08	0,14
18/11/95 Sábado	Não Digerida	Não Detectado	Não Detectado	Não Detectado	Não Detectado	---
	Digerida	Não Detectado	Não Detectado	Não Detectado	Não Detectado	---

TABELA B.22 - Valores de Alcalinidade (mg/l) em 3 dias específicos

Data	ALCALINIDADE (mg/l)				Média
	das 7:00 as 12:00	das 13:00 as 18:00	das 19:00 as 0:00	das 1:00 as 6:00	
29/10/95 Domingo	36,0	35,0	22,6	62,0	40,6
08/11/95 Quarta	162,0	48,0	51,0	51,0	85,9
18/11/95 Sábado	85,0	74,0	87,0	89,0	82,4

## **ANEXO C**

### **INDÚSTRIAS CONTRIBUINTES AO SISTEMA COLETOR DE ESGOTOS DA BACIA DO RIBEIRÃO DO OURO**

TABELA C.1 - Características das indústrias e dos seus efluentes.

Indústria: **Nestlé Ind. e Com. Ltda.**

Localização: Rua Bahia - Vila Xavier

Atividade: produtos alimentícios, enlatados, doces

Tipo de tratamento de despejo:

Lodo Ativado

Local de lançamento do despejo:

Ribeirão do Ouro, classe 4

Características do Efluente

	DBO (mg/l)	DQO (mg/l)	pH	Temp. (°C)	O.G.** (mg/l)	R.S.*** (ml/l)	Vazão (m <sup>3</sup> /dia)
antes*	882	1560	6,8	31			700
depois*	3	14	8,10	29	14	< 0,1	700

(\*) antes e depois do tratamento de despejo.

(\*\*) O.G. - Óleos e Graxas.

(\*\*\*) R.S. - Resíduo Sólido (em volume) (ml/l).

TABELA C.2 - Características das indústrias e dos seus efluentes.

Indústria: **Sucocítrico Cutrale Ltda**

Localização: Av. Pe. José Anchieta - Vila Melhado

Atividade: sucos cítricos e derivados

Tipo de tratamento de despejo:

Reator Anaeróbio UASB

Local de lançamento do despejo:

Ribeirão do Ouro, classe 4.

Características do Efluente

	DBO (mg/l)	DQO (mg/l)	pH	Temp. (°C)	O.G.** (mg/l)	R.S.*** (ml/l)	Vazão (m <sup>3</sup> /h)
antes*	1650	3080	4,50	47			200
depois*	1242	2670	7,58	38	54	2,5	200

(\*) antes e depois do tratamento de despejo.

(\*\*) O.G. - Óleos e Graxas.

(\*\*\*) R.S. - Resíduo Sólido (em volume) (ml/l).

TABELA C.3 - Características das indústrias e dos seus efluentes.

---

**Indústria: Cervejarias Kaiser Brasil Ltda**


---

 Localização: Rodovia SP 310, km 270
 

---

 Atividade: cerveja
 

---

 Tipo de tratamento de despejo:
 

---

 Anaeróbio UASB / Decantador Secundário
 

---

 Local de lançamento do despejo:
 

---

 No sistema coletor
 

---

 Características do Efluente
 

---

	DBO (mg/l)	DQO (mg/l)	pH	Temp. (°C)	O.G.** (mg/l)	R.S.*** (ml/l)	Vazão (m <sup>3</sup> /h)
antes*	2244	3060	12,21	34			150
depois*	87	295	7	7,77	31	5	150

(\*) antes e depois do tratamento de despejo.

(\*\*) O.G. - Óleos e Graxas.

(\*\*\*) R.S. - Resíduo Sólido (em volume) (ml/l).

TABELA C.4 - Características das indústrias e dos seus efluentes.

Indústria: **Nigro Alumínio Ltda**

Localização: Av. Arcangelo Nigro - Centro

Atividade: alumínio

Tipo de tratamento de despejo:

Decantação em tambores em série.

Local de lançamento do despejo:

No sistema coletor

Características do Efluente

	DBO (mg/l)	DQO (mg/l)	pH	Temp. (°C)	O.G.** (mg/l)	R.S.*** (ml/l)	Vazão
antes*							
depois*			9,0	27		< 0,1	

(\*) antes e depois do tratamento de despejo.

(\*\*) O.G. - Óleos e Graxas.

(\*\*\*) R.S. - Resíduo Sólido (em volume) (ml/l).

TABELA C.5 - Características das indústrias e dos seus efluentes.

Indústria: **Minasa TVP S.A.**

Localização: Av. Major Dario Alves de Carvalho 65 - Vila Xavier

Atividade: produtos alimentícios, molhos, maionese

Tipo de tratamento de despejo:

Tanque de chicanas de O.G. / Flotador

Local de lançamento do despejo:

No sistema coletor

Características do Efluente

	DBO (mg/l)	DQO (mg/l)	pH	Temp. (°C)	O.G.** (mg/l)	R.S.*** (ml/l)	Vazão
antes*	3302	5630	13,47	28			
depois*	10	50	8,12	23	7	< 0,1	

(\*) antes e depois do tratamento de despejo.

(\*\*) O.G. - Óleos e Graxas.

(\*\*\*) R.S. - Resíduo Sólido (em volume) (ml/l).

TABELA C.6 - Características das indústrias e dos seus efluentes.

Indústria: **Sun Home Ind. de Alimentos Ltda.**

Localização: Av. Vicente Lopasso, 417 - Parque Belvedere

Atividade: produtos alimentícios, sucos, chás

Tipo de tratamento de despejo:

Lodo Ativado (Aeróbio)

Local de lançamento do despejo:

No sistema coletor

Características do Efluente

	DBO (mg/l)	DQO (mg/l)	pH	Temp. (°C)	O.G.** (mg/l)	R.S.*** (ml/l)	Vazão (m <sup>3</sup> /dia)
antes*	830	1560	12,22	23	57	0,5	25
depois*							

(\*) antes e depois do tratamento de despejo.

(\*\*) O.G. - Óleos e Graxas.

(\*\*\*) R.S. - Resíduo Sólido (em volume) (ml/l).

TABELA C.7 - Características das indústrias e dos seus efluentes.

Indústria: **Mac Lub Ind. Metalúrgica Ltda.**

Localização: Rua Antônio Prado, 369 - Centro

Atividade: galvanoplastia

Tipo de tratamento de despejo:

Tratamento Físico-Químico

Local de lançamento do despejo:

No sistema coletor

Características do Efluente

	pH	Temp. (°C)	Cianeto (mg/l)	Cr +6 (mg/l)	Cr Total (mg/l)	Zn (mg/l)	Vazão
antes*							
depois*	7,4		0,013	0,004	0,05	47	

(\*) antes e depois do tratamento de despejo.

TABELA C.8 - Características das indústrias e dos seus efluentes.

Indústria: **Alumínio Ramos Ind. e Com. Ltda.**

Localização: Av. Marginal Camillo Dinucci 4941 - Dist. Industrial

Atividade: alumínio

Tipo de tratamento de despejo:

Decantador, correção de pH, leito de secagem, filtro de areia

Local de lançamento do despejo:

No sistema coletor

Características do Efluente

	DBO (mg/l)	DQO (mg/l)	pH	Temp. (°C)	O.G.** (mg/l)	R.S.*** (ml/l)	Vazão
antes*							
depois*			7,0			< 0,1	

(\*) antes e depois do tratamento de despejo.

(\*\*) O.G. - Óleos e Graxas.

(\*\*\*) R.S. - Resíduo Sólido (em volume) (ml/l).

TABELA C.9 - Características das indústrias e dos seus efluentes.

Indústria: **Joaquim Luiz Caratti M.E.**

Localização: Av. Joaquim Fazolaro

Atividade: galvanoplastia

Tipo de tratamento de despejo:

Tratamento Físico-Químico por batelada

Local de lançamento do despejo:

No sistema coletor

Características do Efluente

	pH	Temp. (°C)	Cianeto (mg/l)	Ni (mg/l)	Zn (mg/l)		Vazão
antes*							
depois*	7,6	22	0,012	0,47	1,19		

(\*) antes e depois do tratamento de despejo.

## **ANEXO D**

### **CURVAS DE VARIAÇÃO DE VAZÃO PARA DIFERENTES FREQUÊNCIAS DE AMOSTRAGEM**

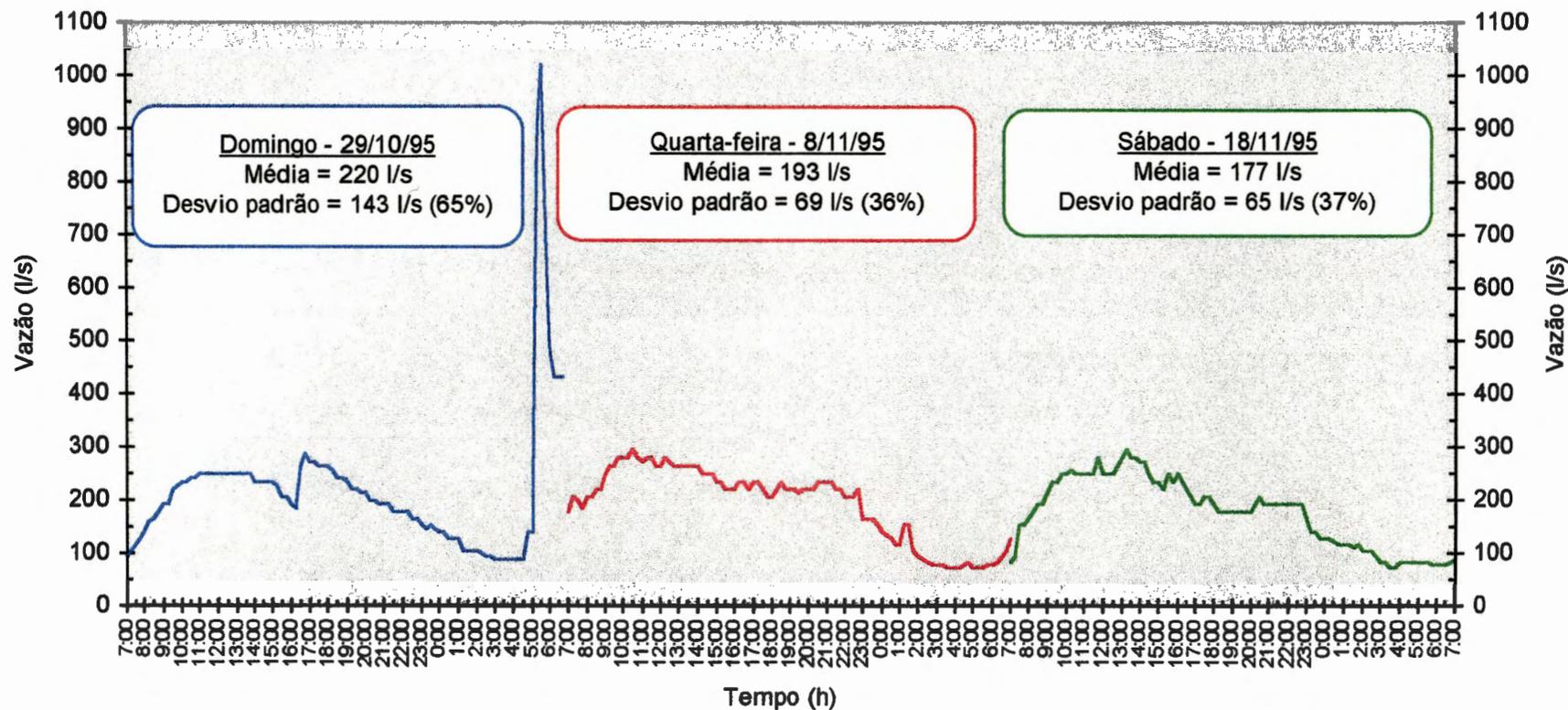


FIGURA D.1 - Variação de vazão (l/s) de esgoto sanitário, durante 24 horas, para três dias distintos.  
Valores obtidos a cada intervalo de 15 minutos.

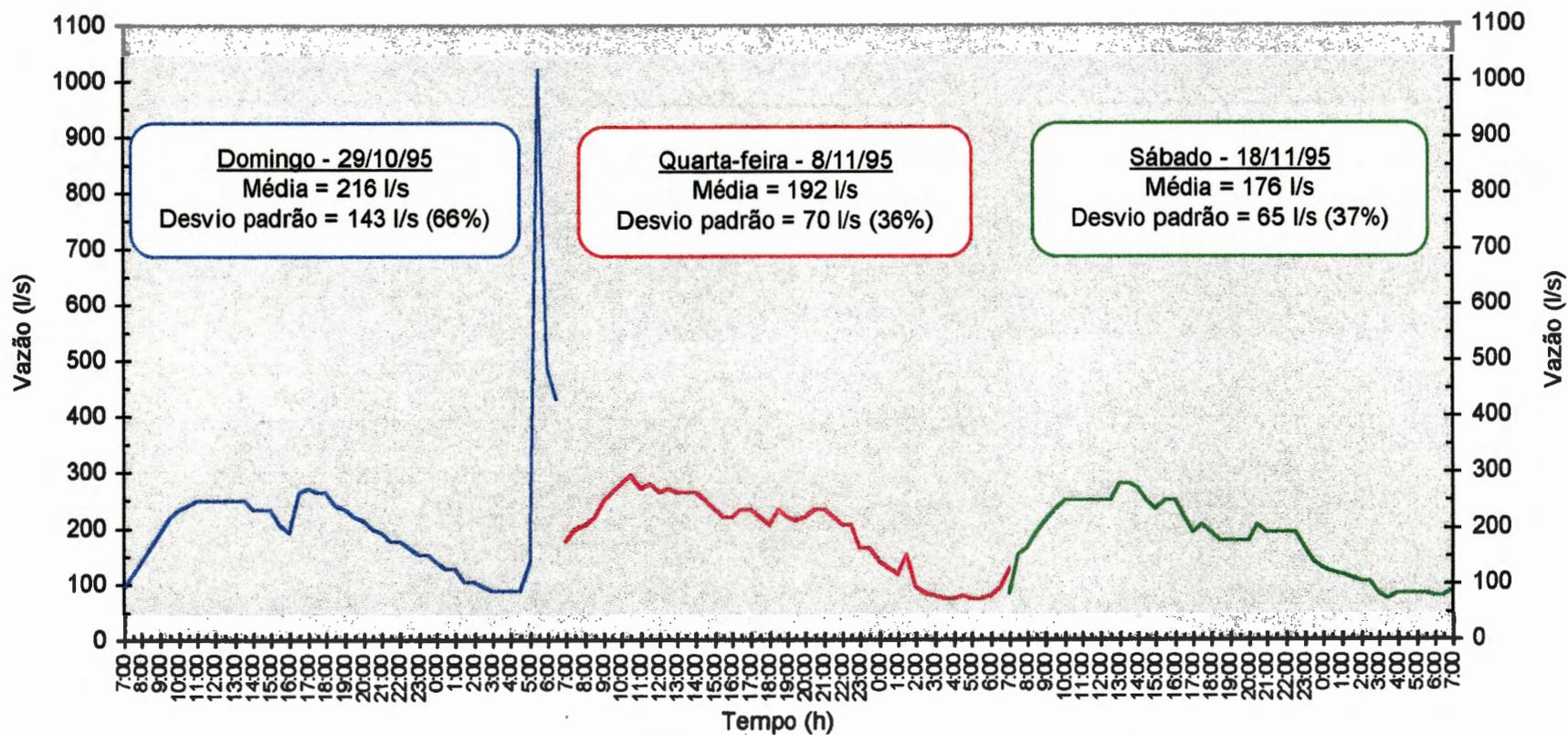


FIGURA D.2 - Variação da vazão (l/s) de esgoto sanitário, durante 24 horas, para três dias distintos.  
Simulação da frequência de amostragem em intervalos de 30 minutos.

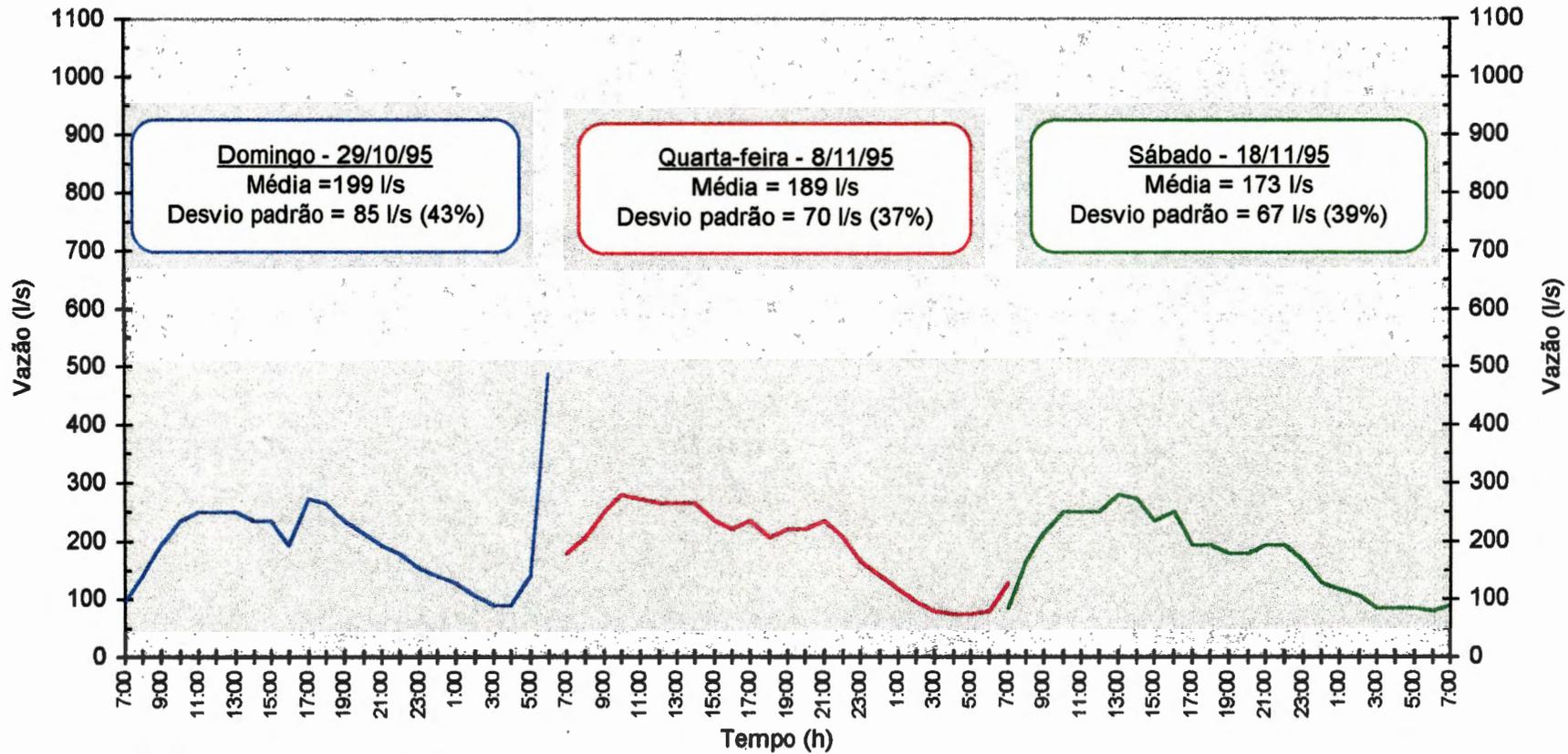


FIGURA D.3 - Variação da vazão (l/s) de esgoto sanitário, durante 24 horas, para três dias distintos.

Simulação da frequência de amostragem em intervalos de 1 hora.

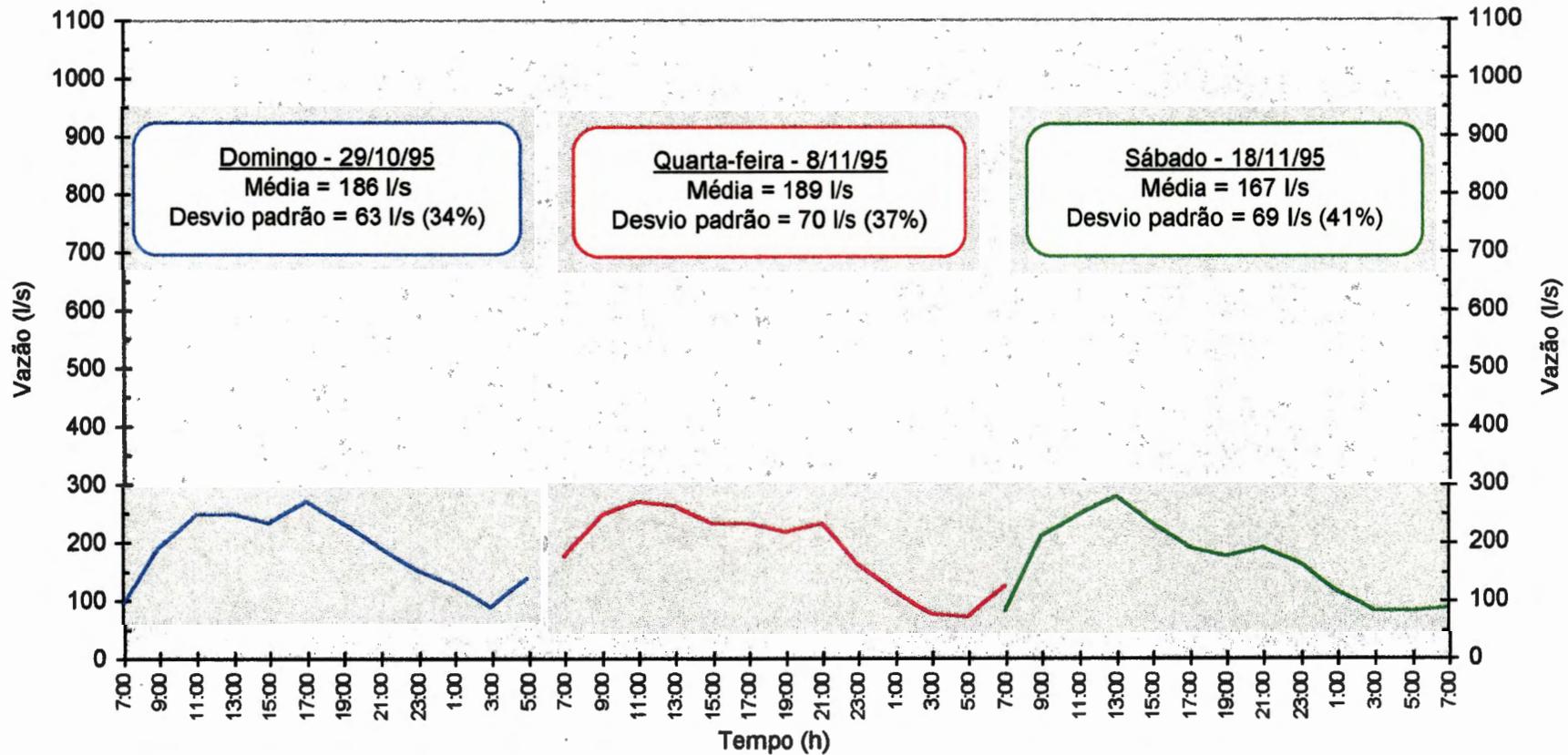


FIGURA D.4 - Variação da vazão (l/s) de esgoto sanitário, durante 24 horas, para três dias distintos.

Simulação da frequência de amostragem em intervalos de 2 horas.

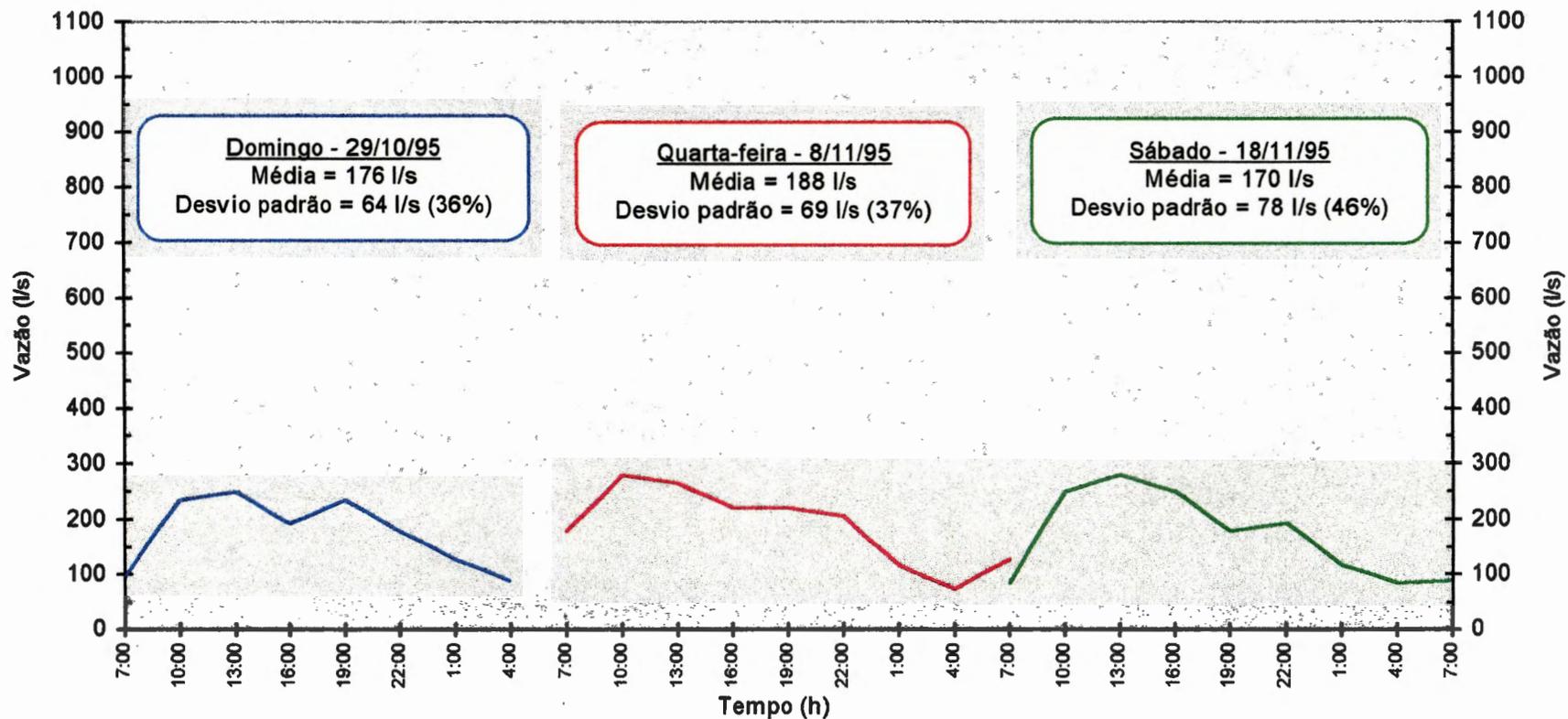


FIGURA D.5 - Variação da vazão (l/s) de esgoto sanitário, durante 24 horas, para três dias distintos.  
Simulação da frequência de amostragem em intervalos de 3 horas.

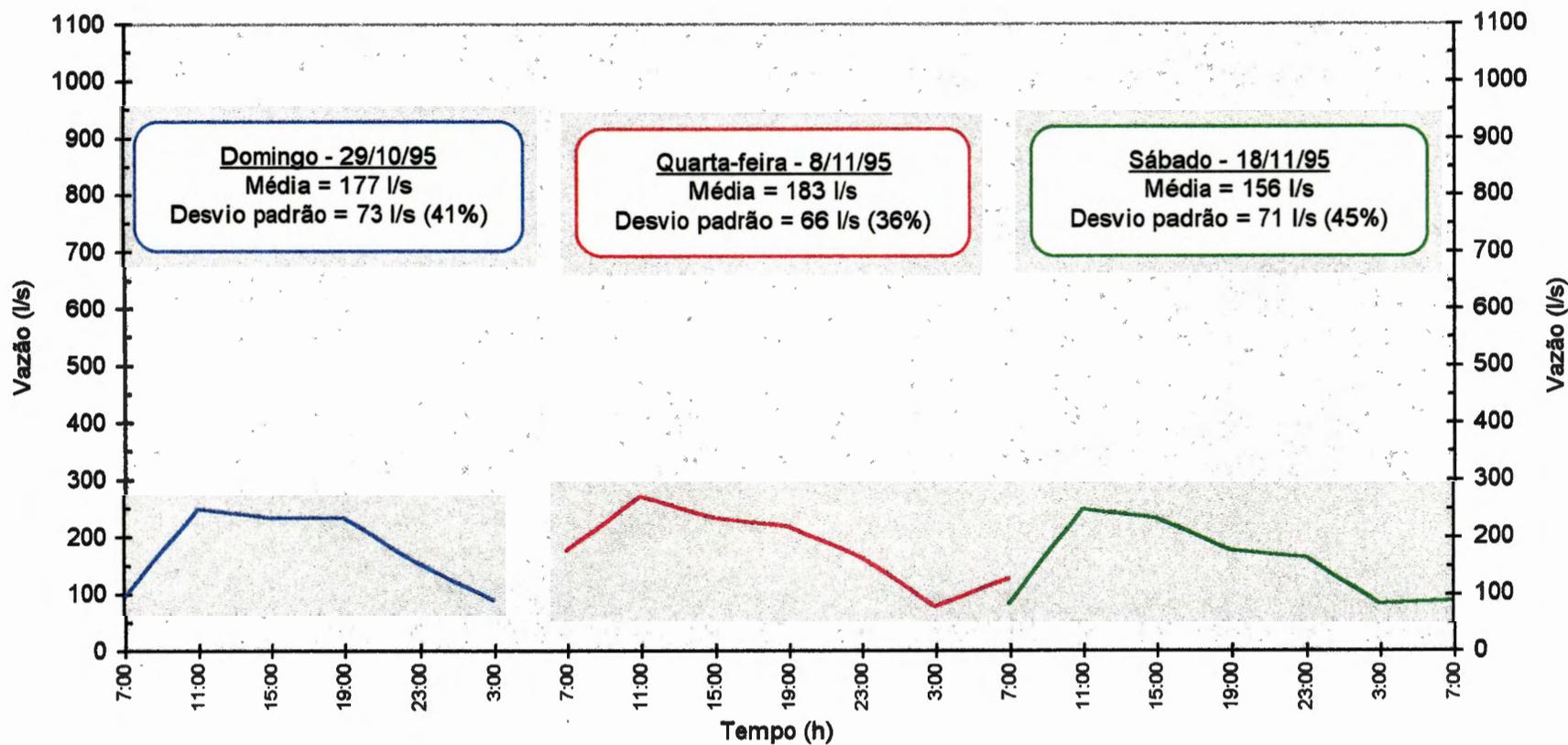


FIGURA D.6 - Variação da vazão (l/s) de esgoto sanitário, durante 24 horas, para três dias distintos. Simulação da frequência de amostragem em intervalos de 4 horas.

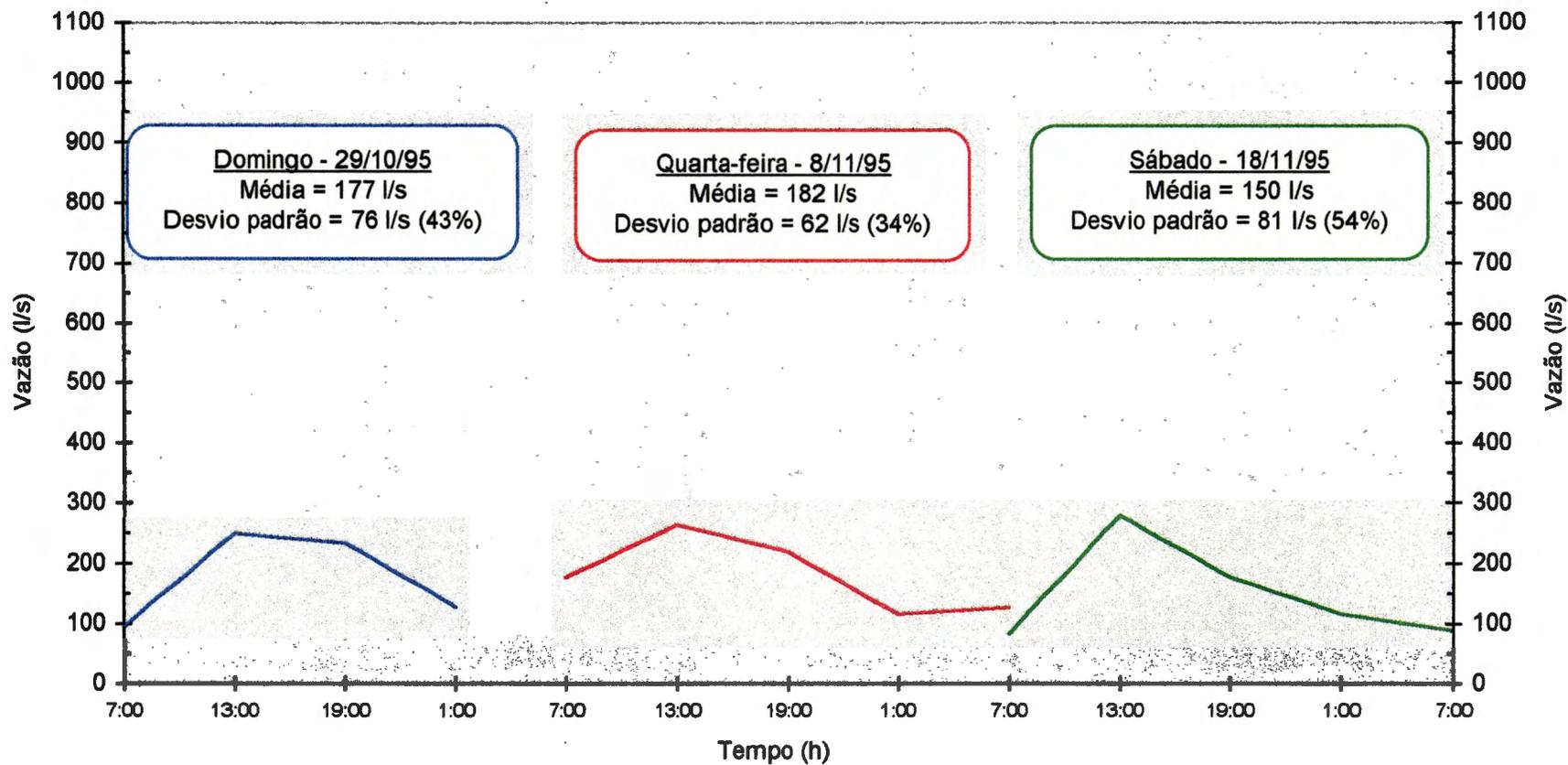


FIGURA D.7 - Variação da vazão (l/s) de esgoto sanitário, durante 24 horas, para três dias distintos.

Simulação da frequência de amostragem em intervalos de 6 horas.

**ANEXO E**

**CUSTOS**

TABELA E.1 - Custos das análises laboratoriais (Agosto de 1997).

Parâmetro a ser analisado	Número de Amostras*	Custo Unitário** (R\$)	Custo por campanha (R\$)
DQO	29	21,50	616,25
DBO	5	27,60	138,00
Sólidos Suspensos	5	11,60	58,00
Sólidos Sedimentáveis	5	3,40	17,00
Sólidos Totais	5	9,80	49,00
Nitrogênio Amoniacal	5	11,65	58,25
Nitrogênio Total	5	16,70	83,50
Nitrogênio Nitrato	5	15,30	76,50
Nitrogênio Nitrito	5	12,50	62,50
Fosfato Total	5	13,70	68,50
Óleos e Graxas	4	20,75	83,00
Alcalinidade	5	7,40	37,00
Zn	5	14,00	70,00
Pb	5	14,00	70,00
Cd	5	14,00	70,00
Ni	5	14,00	70,00
Fe	5	14,00	70,00
Mn	5	14,00	70,00
Cu	5	14,00	70,00
Cr	5	14,00	70,00
TOTAL por campanha	---	---	1.907,50

\* Segundo programação proposta pelo método de caracterização de esgotos.

\*\* Valor médio levantado a partir de orçamentos de várias empresas.

TABELA E.2 - Custos dos materiais consumíveis por campanha (Agosto de 1997).

Material	Quantidade	Custo Unitário* (R\$)	Custo por Campanha (R\$)
H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	200 ml	20,00/l	4,00
HNO <sub>3</sub>	100 ml	18,50/l	1,85
HCl	100 ml	13,40/l	1,34
Gelo	5 barras	5,00/barra	25,00
Máscara de proteção	10	0,20/cada	2,00
Luva	8	0,15/cada	1,20
Outros			10,00
TOTAL	—	—	45,40

\* Valor médio determinado dos valores obtidos em diversas fontes.

TABELA E.3 - Custos dos materiais não consumíveis (Agosto de 1997).

Material	Quantidade	Custo Unitário* (R\$)	Custo (R\$)
Frasco 250 ml	40	0,20	8,00
Frasco 500 ml	10	0,40	4,00
Frasco 1 l	5	0,80	4,00
Frasco 2 l	5	1,50	7,50
Frasco 5 l	25	3,00	75,00
Frasco de vidro	4	18,00	72,00
Termômetro	2	12,00	24,00
pHmetro	2	85,80	172,00
Pipeta	5	3,00	15,00
Pisseta	2	3,00	6,00
Proveta 100 ml	1	4,00	4,00
Proveta 250 m	1	5,80	5,80
Funil	2	1,00	2,00
Balde	3	5,00	15,00
Caixa Térmica 120 l (isopor)	3	30,00	90,00
TOTAL	—	—	504,30

\* Valor médio determinado dos valores obtidos em diversas fontes.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ACHCAR, J. A.; RODRIGUES, J. (sd.) *Introdução à estatística para ciências e tecnologia*. São Carlos, Instituto de Ciências Matemáticas de São Carlos. (Apostila).
- AFINI JÚNIOR, B. (1989). DBO per capita. *Revista DAE*, v.49, n.156, p.176-178, jul/set.
- ALMEIDA NETO, L.P.; GASPAR, G.O.; COMPARINI, J.B.; SILVA, N.L. (1989). Avaliação de parâmetros de projeto de sistemas de esgotos sanitários. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA SANITÁRIA E AMBIENTAL, 15., Belém-PA, 1989. *Anais*. Rio de Janeiro-RJ, ABES, v.2, Tomo1, p.293-308.
- AMERICAN PUBLIC HEALTH ASSOCIATION. (1995). *Standard methods for the examination of water and wastewater*. Washington, 19th Edition.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. (1986). *NBR 9649 - Projeto de redes coletoras de esgoto sanitário*. Rio de Janeiro.
- AZEVEDO NETO, J.M. (1973). *Manual de Hidráulica*. 6ª.edição, São Paulo, Edgard Blücher, v.2. Cap. 29, p.489-502: Medidores de regime crítico - Medidores Parshall.
- AZEVEDO NETTO, J.M. (1979). Contribuições indevidas para a rede de esgotos. *Revista DAE*, n.120, p.36-38.

- BRAILE, P.M.; CAVALCANTI, J.E.W.A. (1993). *Manual de Tratamento de Águas Residuárias Industriais*. São Paulo, CETESB. Cap.2, p.5-16/Cap.3, p.33-55.
- BRUNO, D.P.; TSUTIYA, M.T. (1983). Infiltração de água em coletores de esgotos sanitários. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA SANITÁRIA E AMBIENTAL, 12., Camburiú, 1983. *Anais*. Camburiú, ABES.
- BUSSAB, W.O.; MORETIN, P.A. (1987). *Estatística básica*. São Paulo, Atual Editora. Cap.8, p.181-208: Introdução à inferência estatística. Cap.9, p.209-233: Estimação.
- CAMPOS, H.M.; SPERLING, M. (1995). Proposição de modelos para determinação de parâmetros de projeto para sistemas de esgotos sanitários com base em variáveis de fácil obtenção. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA SANITÁRIA E AMBIENTAL, 18., Salvador-BA, 1995. *Anais*. Rio de Janeiro-RJ, ABES. Disquete.
- CAMPOS, J.R. (1994). *Alternativas para tratamento de esgotos - Pré-tratamento de águas para abastecimento*. Americana, Consórcio Intermunicipal das Bacias dos Rios Piracicaba e Capivari.
- CARVALHO, C.T.; CASTRO, A.A.; VIANNA, N.S. (1993). Subsídios para fixação de parâmetros para projetos de sistemas de esgotos sanitários. Caso particular da carga orgânica. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA SANITÁRIA E AMBIENTAL, 17., Natal, 1993. *Anais*. Rio de Janeiro-RJ, ABES, I-53, p.643-657.
- CASTRO, A.A.; CARVALHO, C.T.; VIANNA, N.S. (1991). Subsídios para fixação de parâmetros de projeto de redes de esgotos - caso particular da variação das vazões. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA SANITÁRIA E AMBIENTAL, 16., Goiânia, 1991. *Anais*. Goiânia, ABES. p.164-180, v.2, tomo1.

- CETESB - COMPANHIA DE TECNOLOGIA DE SANEAMENTO AMBIENTAL. (1987). *Guia de Coleta e Preservação de Amostras de Água*. 1.ed. São Paulo.
- COMPARINI, J.B.; SOBRINHO, P.A. (1992). Contribuição ao estudo de vazões de esgoto sanitário em comunidades de pequeno porte. In: SIMPÓSIO ÍTALO BRASILEIRO DE ENGENHARIA SANITÁRIA E AMBIENTAL, 1., Rio de Janeiro, 1992. *Anais*. Rio de Janeiro. p.18-30, v.2, tomo3.
- COSTA NETO, P.L.O. (1977). *Estatística*. São Paulo, Edgard Blücher. Cap.4, p.59-80: Estimação de parâmetros.
- FERREIRA, A.B.H. (sd.) *Novo dicionário da língua portuguesa*. 1ª.ed., 14ª.impressão, Editora Nova Fronteira.
- GOMES, L.A. (1981). *Aspectos qualitativos das águas pluviais urbanas*. São Carlos. 105p. Dissertação (Mestrado) - Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo.
- GUNNERSON, C.G. (1966). Optimizing sampling intervals in tidal estuaries. *Journal of the Sanitary Engineering Division*, v.92, n.SA2, p.103-125, April.
- HAMMER, M.J. (1979). *Sistemas de abastecimento de água e esgotos*. Rio de Janeiro, Livros Técnicos e Científicos. Cap.9, p.328-345: Vazões e características dos esgotos. Cap.12, p.494-496: Determinação da Infiltração.
- HEALTH EDUCATION SERVICE. (sd.). *Manual of instruction for sewage treatment plant operators*. Albany, New York. Cap.1, p.1-14: Sewage.
- ITONAGA, L.C.H.; SILVA, M.A.; PINTO, M.A. (1994). Influência das chuvas na operação da estação de tratamento de esgotos sul de Brasília. In: SIMPÓSIO LUSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA SANITÁRIA E

AMBIENTAL, 6., Florianópolis, 1994. *Anais*. Florianópolis, SILUBESA. p.380-388.

KAMIYAMA, H.; ROCHA, D.A.; FERREIRA, R. (1988). Experiências numa ETE. *Revista DAE*, v.48, n.152, p.33-42, jul/set.

LIGMAN, K.; HUTZLER, N.; BOYLE, W.C. (1974). Household wastewater characterization. *Journal of the environmental engineering division*; n.EE1, p.201-213, february.

MARA, D.D. (1976). *Sewage treatment in hot climates*. John Wiley & Sons. Cap.1, p.1-7: What is sewage.

METCALF & EDDY, INC. (1991). *Wastewater Engineering - Treatment, Disposal and Reuse*. 3ªed./revised by George Tchobanoglous, McGraw-Hill. Cap.2, p.29-46 / Cap.3, p.47-119.

MILLER, I.; FREUND, J.E.; JOHNSON, R.A. (1990). *Probability and statistics for engineers*. 4ª.ed., New Jersey, Prentice Hall, Englewood Cliffs.

MONTGOMERY, H.A.C.; HART, I.C. (1974). The design of sampling programmes for rivers and effluents. *Water Pollution Control*, v.73, p.77-101.

NEGULESCU, M. (1985). *Municipal Waste Water Treatment*. Amsterdam, Oxford, New York, Tokyo, Elsevier.

PERA, A.F. (1965). Amostragem de Águas. *Revista DAE*, Vol 26, Nº 56, p.31.

↘ PUJOL, R.; LIERNARD, A. (1990). Qualitative and quantitative characterization of waste water for small communities. *Water Science Technology*, v.22, n.3/4, p. 253-260.

- REIMANN, J. (1989). *Mathematical statistics with application in flood hydrology*. Budapest, Akadémiai Kiadó. Cap.5, p.174-199: Theory of statistical estimation.
- RESENDE, A.C.; BONATO, N.D. (1991).. Programa de monitoramento de lagoas de estabilização no estado de São Paulo. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA SANITÁRIA E AMBIENTAL, 16., Goiânia, 1991. *Anais*. ABES. p.164-180, v.2, tomo1.
- SANTRY JR., I.W. (1964). Infiltration in sanitary sewers. *Journal Water Pollution Control Federation*, n.36, p.1185-1320.
- SOBRINHO, P.A.; TSUTIYA, M.T. (sd.) *Redes coletoras de esgotos sanitários - critérios de projeto*. São Paulo, Escola Politécnica, USP, Departamento de Engenharia Hidráulica e Sanitária.
- STEFAN, H.G.; JOHNSON, T.R.; McCONNELL, H.L. (1992). Sampling of wastewater effluent. *Journal of Environmental Engineering*, v.118, n.2, p.209-225, Mar, Apr.
- TARAZZI, D.S.; HISER, L.L.; CHILDERS, R.E., BOLDT, C.A. (1970). Comparison of wastewater sampling techniques. *Journal of Water Pollution Control Federation*, v.42, n.5, p.679-860, May.
- TEBBUTT, T.H.Y. (1983). *Principles of water quality control*. 3.ed. Oxford, N. York, Toronto, Sydney, Paris, Frankfurt, Pergamon Press. Cap. 2, p.7-18: Characteristics of waters and wastewaters/Cap. 3,p.19-27: Sampling and analysis.
- TODD, D.K. (1967). *Hidrologia de águas subterrâneas*. Rio de Janeiro, Agência Norte Americana para o Desenvolvimento Internacional. Cap.2, p.12-29: Ocorrência das águas subterrâneas.
- TORRES, P. (1992). *Desempenho de um reator anaeróbio de manta de lodo (UASB) de bancada no tratamento de substrato sintético simulando*

- esgotos sanitários*. São Carlos. Dissertação (Mestrado) - Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo.
- UEHARA, M.Y.; VIDAL, W.L. (1989). *Operação e manutenção de lagoas anaeróbias e facultativas*. São Paulo, CETESB, Série Manuais. Cap.2: Considerações sobre o tratamento de esgotos.
- ↳ VEIT, M.A. (1973). Determinação das características dos esgotos da rede de coleta da região metropolitana de São Paulo. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA SANITÁRIA E AMBIENTAL, 7., Salvador, 1973. *Anais*. ABES, Companhia Metropolitana de Saneamento de São Paulo. p.147-208.
- VILLELA, S.M.; MATTOS, A. (1975). *Hidrologia Aplicada*. São Paulo, Ed. MacGraw-Hill do Brasil Ltda. Cap.11, p.192-: Águas subterrâneas.